




Escola Universitària d'Enginyeria  
Tècnica Industrial de Barcelona  
Consorci Escola Industrial de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

## Volumen II

Índice A (Cálculos) – Índice B (Componentes) – Índice  
C (Presupuestos) – Índice D (Bibliografías)

PROYECTO FINAL DE CARRERA



# "PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA, DOMÓTICA Y CON APOYO SOLAR PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR"

PFC presentado para optar al título de Ingeniero  
Técnico Industrial especialidad **ELECTRICIDAD**  
por **Carlos Jiménez Delgado**

Barcelona, 11 de Enero de 2012

Tutor proyecto: Serafín Iglesias Méndez  
Departamento de Ingeniería Eléctrica (D 709)  
Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)

## ÍNDICE ANEXOS

Índice anexos.....	2
Índice anexo A (cálculos).....	9
<b>Capítulo 1: Cálculos eléctricos .....</b>	<b>12</b>
1.1. Cálculos eléctricos de la vivienda .....	13
1.1.1. Cálculos de las secciones de los conductores de fase .....	13
1.1.1.1. Sección del conductor de la derivación individual (DI) .....	15
1.1.1.2. Sección de los conductores de fase para los diferentes circuitos .....	17
1.1.1.3. Acometida .....	27
1.1.1.4. Instalación de enlace .....	27
1.1.1.5. Sección del conductor neutro .....	28
1.1.1.6. Sección del conductor de protección (Tierra).....	28
1.1.2. Cálculos de las secciones de los tubos.....	29
1.1.2.1. Sección del tubo de la derivación individual (DI).....	29
1.1.2.2. Sección de los tubos para los diferentes circuitos.....	30
1.1.3. Cálculo de la puesta a tierra .....	31
1.1.4. Cálculos de la previsión de carga y características de los circuitos.....	35
1.1.4.1. Cálculos de potencia de cada circuito .....	35
1.1.4.2. Cálculos de previsión de potencia .....	38
1.1.4.3. Cálculos de potencia referente a iluminación .....	39
1.1.4.4. Cálculos de parámetros de los circuitos .....	40
<b>Capítulo 2: Cálculos solar térmico .....</b>	<b>41</b>
2.1. Cálculos solar térmico de la vivienda .....	42
2.1.1. Datos de partida .....	43
2.1.2. Datos geográficos.....	44
2.1.3. Aislamiento de la casa .....	45
2.1.3.1. Aislamiento en las ventanas.....	45
2.1.3.2. Fachada y tejado.....	46
2.1.4. Dimensionamiento de la instalación .....	47
2.1.4.1. Instalación de ACS .....	48
2.1.4.1.1. Establecimiento del consumo energético de ACS .....	48
2.1.4.1.2. Contribución solar mínima de ACS .....	53
2.1.4.1.3. Energía necesaria de ACS.....	55

2.1.4.1.4. Evaluación de la energía solar disponible para ACS .....	58
2.1.4.1.4.1. Energía disponible .....	58
2.1.4.1.4.2. Radiación solar efectiva .....	60
2.1.4.1.5. Calculo de la energía aprovechada por el captador de ACS ..	62
2.1.4.1.5.1. Intensidad de radiación durante las horas de sol.....	63
2.1.4.1.5.2. Rendimiento del captador .....	64
2.1.4.1.5.3. Radiación aprovechada por el captador.....	66
2.1.4.1.6. Dimensionamiento de la superficie de captación requerida para cubrir las necesidades de ACS .....	67
2.1.4.1.6.1. Energía aprovechada por el sistema .....	67
2.1.4.1.6.2. Calculo de la superficie de captación .....	69
2.1.4.1.7. Numero de captadores a instalar para ACS .....	70
2.1.4.1.8. Elección del volumen de acumulación de ACS.....	71
2.1.4.1.8.1. Elección del interacumulador de ACS.....	71
2.1.4.1.8.2. Verificación del margen de superficie de captación .....	72
2.1.4.1.9. Tabla resumen de ACS .....	74
2.1.4.2. Instalación de calefacción .....	75
2.1.4.2.1. Establecimiento del consumon ergético para calefacción.....	75
2.1.4.2.2. Contribución solar minima de ACS .....	75
2.1.4.2.3. Energía necesaria de calefacción .....	76
2.1.4.2.3.1. Calefacción ideal.....	76
2.1.4.2.3.2. Calefacción considerando perdidas.....	82
2.1.4.2.3.3. Energía total necesaria de calefacción .....	88
2.1.4.2.4. Evaluación de la energía solar disponible para calefacción ..	89
2.1.4.2.4.1. Energía disponible .....	89
2.1.4.2.4.2. Radiación solar efectiva .....	91
2.1.4.2.5. Calculo de la energía aprovechada por el captador de calefacción .....	93
2.1.4.2.5.1. Intensidad de radiación durante las horas de sol.....	94
2.1.4.2.5.2. Rendimiento del captador .....	95
2.1.4.2.5.3. Radiación aprovechada por el captador.....	97
2.1.4.2.6. Dimensionamiento de la superficie de captación requerida para cubrir las necesidades de calefacción.....	98
2.1.4.2.6.1. Energía aprovechada por el sistema .....	98
2.1.4.2.6.2. Calculo de la superficie de captación .....	100

2.1.4.2.7. Numero de captadores a instalar para calefacción.....	101
2.1.4.2.8. Elección del volumen de acumulación para calefacción .....	102
2.1.4.2.8.1. Elección del interacumulador para calefacción .....	102
2.1.4.2.8.2. Verificación del margen de superficie de captación .....	102
2.1.4.3. Instalación de ACS + calefacción .....	103
2.1.4.3.1. Contribución solar minima de ACS+calefacción .....	103
2.1.4.3.2. Energía total necesaria para ACS+calefacción .....	103
2.1.4.3.3. Evaluación de la energía solar disponible para ACS + calefacción .....	105
2.1.4.3.3.1. Energía disponible .....	105
2.1.4.3.3.2. Radiación solar efectiva .....	107
2.1.4.3.4. Calculo de la energía aprovechada por el captador de ACS + calefacción .....	109
2.1.4.3.4.1. Intensidad de radiación durante las horas de sol.....	110
2.1.4.3.4.2. Rendimiento del captador .....	111
2.1.4.3.4.3. Radiación aprovechada por el captador.....	113
2.1.4.3.5. Dimensionamiento de la superficie de captación requerida para cubrir las necesidades de ACS + calefacción.....	114
2.1.4.3.5.1. Energíaa provechada por el sistema .....	114
2.1.4.3.5.2. Calculo de la superficie de captación .....	116
2.1.4.3.6. Numero de captadores a instalar para ACS .....	117
2.1.4.3.7. Elección del volumen de acumulación de ACS+calefacción	118
2.1.4.3.7.1. Elección del interacumulador de ACS+calefacción .....	118
2.1.4.4. Otros componentes de la instalación solar térmica.....	119
2.1.4.4.1. Circuito primario .....	119
2.1.4.4.1.1. Tuberías de la instalación.....	119
2.1.4.4.1.2. Aislamiento de la instalación .....	122
2.1.4.4.1.2.1. Generalidades .....	122
2.1.4.4.1.2.2. Espesores mínimos en interior .....	122
2.1.4.4.1.2.3. Espesores mínimos en exterior .....	123
2.1.4.4.1.3. Circulador o bomba de circulación.....	124
2.1.4.4.1.4. Intercambiador de calor .....	125
2.1.4.4.1.5. Vaso de expansión.....	126
2.1.4.4.1.6. Disipador o aérotérmo .....	128
Índice anexo B (componentes) .....	131

<b>Capítulo 1: Componentes eléctricos.....</b>	<b>133</b>
1.1. Control de la vivienda.....	134
1.1.1. Elección del material.....	134
1.1.2. Componentes básicos que forman parte de la instalación y sus características .....	134
1.1.2.1. Cocina y lavadero .....	134
1.1.2.2. En los halls .....	138
1.1.2.3. En la piscina .....	139
1.1.3. Iluminación .....	140
<b>Capítulo 2: Componentes demóticos.....</b>	<b>143</b>
2.1. Control de la vivienda.....	144
2.2. Funcionalidades que a de ofrecer la instalación domótica .....	144
2.3. Componentes básicos que forman parte de la instalación .....	145
2.3.1. Bus (cable).....	145
2.3.2. Fuentes de alimentación.....	146
2.3.3. Conectores .....	147
2.4. Componentes de sistema .....	148
2.4.1. Acoplador al bus .....	148
2.4.2. Interface de comunicación.....	149
2.5. Dispositivos EIB.....	150
2.5.1. Sensores.....	150
2.5.1.1. 2.5.1.1. Pulsadores.....	150
2.5.1.2. Entradas binarias.....	152
2.5.1.3. Detectores de presencia .....	153
2.5.1.4. Detector de luminosidad.....	155
2.5.2. Actuadores .....	157
2.5.2.1. Actuador binario.....	157
2.5.2.2. Actuador de persianas.....	159
2.5.2.3. Actuador de persianas de 2 canales .....	160
2.5.2.4. Actuador de climatización .....	161
2.5.3. Otros elementos.....	163
2.5.3.1. Alarma (sirena).....	163
2.5.3.2. Sensor de humos .....	163
2.5.3.3. Sensor de gas.....	164
2.5.3.4. Sensor de humedad.....	165

2.5.3.5. Pantalla de comando.....	166
<b>Capítulo 3: Componentes solar térmicos .....</b>	<b>167</b>
3.1. Componentes .....	168
3.1.1. Captador solar térmico.....	168
3.1.2. Circuito primario .....	169
3.1.2.1. Fluido termóforo.....	169
3.1.2.2. Circulador o bomba de circulación .....	170
3.1.2.3. Intercambiador de calor .....	172
3.1.2.4. Vaso de expansión.....	173
3.1.2.5. Disipador o aérotermo.....	174
3.1.3. Circuito secundario .....	175
3.1.3.1. Interacumulador.....	175
3.1.3.2. Sistema auxiliar .....	176
3.1.3.2.1. Caldera modular.....	176
3.1.3.3. Sistema de regulación.....	177
3.1.3.4. Radiadores .....	178
3.1.3.5. Otros componentes de la instalación .....	179
3.1.3.5.1. Soporte de los captadores .....	179
3.1.3.5.2. Válvulas de seguridad .....	180
3.1.3.5.3. Válvula de 3 vías con servomotor .....	181
Índice anexo C (PRESUPUESTOS) .....	183
<b>Capítulo 1: Presupuesto instalación eléctrica .....</b>	<b>185</b>
1.1. Instalación de enlace.....	186
1.1.1. Caja general de protección (CPM).....	186
1.1.2. Derivación individual (DI).....	186
1.1.3. Toma de tierra .....	186
1.1.4. Subtotal instalación de enlace.....	186
1.2. Instalación interior .....	187
1.2.1. Dispositivos de protección .....	187
1.2.2. Armarios .....	187
1.2.3. Subtotal instalación interior .....	187
1.3. Cableado y tubos .....	188
1.3.1. Cableado de conductores.....	188
1.3.2. Tubos .....	188


1.3.3.	Subtotal cableados y tubos.....	188
1.4.	Material eléctrico .....	189
1.4.1.	General.....	189
1.4.2.	Iluminación .....	189
1.4.3.	Subtotal material eléctrico.....	189
1.5.	Total instalación eléctrica.....	190
<b>Capítulo 2: Presupuesto instalación domótica .....</b>		<b>191</b>
2.1.	Cableado, armarios y cajas de empotrar.....	192
2.2.	Alimentación y comunicación del sistema.....	192
2.3.	Actuadores.....	192
2.4.	Dispositivos de mando.....	193
2.5.	Sensores y alarma .....	193
2.6.	Total instalación domótica.....	194
<b>Capítulo 3: Presupuesto instalación solar térmica .....</b>		<b>195</b>
3.1.	Sistema de captación .....	196
3.2.	Sistema de acumulación .....	196
3.3.	Tuberías y aislantes .....	196
3.4.	Válvulas y varios.....	196
3.5.	Total instalación solar térmica .....	197
<b>Capítulo 4: Presupuesto de ingeniería .....</b>		<b>198</b>
4.1.	Distribución horas de trabajo.....	199
4.2.	Coste del proyecto .....	200
<b>Capítulo 5: Presupuesto total de la casa unifamiliar .....</b>		<b>201</b>
5.1.	Presupuesto total.....	202
Índice anexo D (Bibliografías) .....		204
<b>Capítulo 1: Bibliografías .....</b>		<b>205</b>
1.1.	Bibliografías consultadas.....	206
1.2.	Referencias de consultas.....	207



Escola Universitària d'Enginyeria  
Tècnica Industrial de Barcelona  
Consorci Escola Industrial de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

## Anexos A (Cálculos)



# “PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA, DOMÓTICA Y CON APOYO SOLAR PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR”

PFC presentado para optar al título de Ingeniero  
Técnico Industrial especialidad **ELECTRICIDAD**  
por **Carlos Jiménez Delgado**

Barcelona, 11 de Enero de 2012

Tutor proyecto: Serafín Iglesias Méndez  
Departamento de Ingeniería Eléctrica (D 709)  
Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)



## ÍNDICE ANEXO A (CÁLCULOS)

Índice anexo A (cálculos).....	9
<b>Capítulo 1: Cálculos eléctricos .....</b>	<b>12</b>
1.1. Cálculos eléctricos de la vivienda .....	13
1.1.1. Cálculos de las secciones de los conductores de fase .....	13
1.1.1.1. Sección del conductor de la derivación individual (DI) .....	15
1.1.1.2. Sección de conductores de fase para los diferentes circuitos ..	17
1.1.1.3. Acometida .....	27
1.1.1.4. Instalación de enlace .....	27
1.1.1.5. Sección del conductor neutro .....	28
1.1.1.6. Sección del conductor de protección (Tierra).....	28
1.1.2. Cálculos de las secciones de los tubos.....	29
1.1.2.1. Sección del tubo de la derivación individual (DI).....	29
1.1.2.2. Sección de los tubos para los diferentes circuitos.....	30
1.1.3. Calculo de la puesta a tierra .....	31
1.1.4. Cálculos de previsión de carga y características de los circuitos...	35
1.1.4.1. Cálculos de potencia de cada circuito .....	35
1.1.4.2. Cálculos de previsión de potencia .....	38
1.1.4.3. Cálculos de potencia referente a iluminación .....	39
1.1.4.4. Cálculos de parámetros de los circuitos .....	40
<b>Capítulo 2: Cálculos solar térmico .....</b>	<b>41</b>
2.1. Cálculos solar térmico de la vivienda .....	42
2.1.1. Datos de partida .....	43
2.1.2. Datos geográficos.....	44
2.1.3. Aislamiento de la casa .....	45
2.1.3.1. Aislamiento en las ventanas.....	45
2.1.3.2. Fachada y tejado.....	46
2.1.4. Dimensionamiento de la instalación .....	47
2.1.4.1. Instalación de ACS .....	48
2.1.4.1.1. Establecimiento del consumo energético de ACS .....	48
2.1.4.1.2. Contribución solar mínima de ACS .....	53
2.1.4.1.3. Energía necesaria de ACS.....	55
2.1.4.1.4. Evaluación de la energía solar disponible para ACS .....	58
2.1.4.1.4.1. Energía disponible .....	58

2.1.4.1.4.2. Radiación solar efectiva .....	60
2.1.4.1.5. Calculo de la energía aprovechada por el captador de ACS ..	62
2.1.4.1.5.1. Intensidad de radiación durante las horas de sol.....	63
2.1.4.1.5.2. Rendimiento del captador .....	64
2.1.4.1.5.3. Radiación aprovechada por el captador.....	66
2.1.4.1.6. Dimensionamiento de la superficie de captación requerida para cubrir las necesidades de ACS .....	67
2.1.4.1.6.1. Energía aprovechada por el sistema .....	67
2.1.4.1.6.2. Calculo de la superficie de captación .....	69
2.1.4.1.7. Numero de captadores a instalar para ACS .....	70
2.1.4.1.8. Elección del volumen de acumulación de ACS.....	71
2.1.4.1.8.1. Elección del interacumulador de ACS.....	71
2.1.4.1.8.2. Verificación del margen de superficie de captación .....	72
2.1.4.1.9. Tabla resumen de ACS .....	74
2.1.4.2. Instalación de calefacción .....	75
2.1.4.2.1. Establecimiento del consumo energético para calefacción ...	75
2.1.4.2.2. Contribución solar minima de ACS .....	75
2.1.4.2.3. Energía necesaria de calefacción .....	76
2.1.4.2.3.1. Calefacción ideal.....	76
2.1.4.2.3.2. Calefacción considerando perdidas.....	82
2.1.4.2.3.3. Energía total necesaria de calefacción .....	88
2.1.4.2.4. Evaluación de la energía solar disponible para calefacción ..	89
2.1.4.2.4.1. Energía disponible .....	89
2.1.4.2.4.2. Radiación solar efectiva .....	91
2.1.4.2.5. Calculo de la energía aprovechada por el captador de calefacción .....	93
2.1.4.2.5.1. Intensidad de radiación durante las horas de sol.....	94
2.1.4.2.5.2. Rendimiento del captador .....	95
2.1.4.2.5.3. Radiación aprovechada por el captador.....	97
2.1.4.2.6. Dimensionamiento de la superficie de captación requerida para cubrir las necesidades de calefacción.....	98
2.1.4.2.6.1. Energía aprovechada por el sistema .....	98
2.1.4.2.6.2. Calculo de la superficie de captación .....	100
2.1.4.2.7. Numero de captadores a instalar para calefacción.....	101
2.1.4.2.8. Elección del volumen de acumulación para calefacción .....	102

2.1.4.2.8.1. Elección del interacumulador para calefacción .....	102
2.1.4.2.8.2. Verificación del margen de superficie de captación .....	102
2.1.4.3. Instalación de ACS + calefacción .....	103
2.1.4.3.1. Contribución solar mínima de ACS+calefacción .....	103
2.1.4.3.2. Energía total necesaria para ACS+calefacción .....	103
2.1.4.3.3. Evaluación de energía solar para ACS+calefacción .....	105
2.1.4.3.3.1. Energía disponible .....	105
2.1.4.3.3.2. Radiación solar efectiva .....	107
2.1.4.3.4. Calculo de la energía aprovechada por el captador de ACS + calefacción .....	109
2.1.4.3.4.1. Intensidad de radiación durante las horas de sol.....	110
2.1.4.3.4.2. Rendimiento del captador .....	111
2.1.4.3.4.3. Radiación aprovechada por el captador.....	113
2.1.4.3.5. Dimensionamiento de la superficie de captación requerida para cubrir las necesidades de ACS + calefacción.....	114
2.1.4.3.5.1. Energía aprovechada por el sistema .....	114
2.1.4.3.5.2. Calculo de la superficie de captación .....	116
2.1.4.3.6. Numero de captadores a instalar para ACS .....	117
2.1.4.3.7. Elección del volumen de acumulación de ACS+calefacción	118
2.1.4.3.7.1. Elección de linteracumulador de ACS+calefacción .....	118
2.1.4.4. Otros componentes de la instalación solar térmica .....	119
2.1.4.4.1. Circuito primario .....	119
2.1.4.4.1.1. Tuberías de la instalación.....	119
2.1.4.4.1.2. Aislamiento de la instalación .....	122
2.1.4.4.1.2.1. Generalidades .....	122
2.1.4.4.1.2.2. Espesores mínimos en interior .....	122
2.1.4.4.1.2.3. Espesores mínimos en exterior .....	123
2.1.4.4.1.3. Circulador o bomba de circulación.....	124
2.1.4.4.1.4. Intercambiador de calor .....	125
2.1.4.4.1.5. Vaso de expansión .....	126
2.1.4.4.1.6. Disipador o aérotérmo .....	128

# **CAPÍTULO 1: CÁLCULOS ELÉCTRICOS**

## 1.1. Cálculos eléctricos de la vivienda

### 1.1.1. Cálculos de las secciones de los conductores de fase

Para hacer el cálculo de las secciones de los conductores de fase para cada circuito se utiliza el criterio de la máxima caída de tensión admisible, ya que, en baja tensión y para instalaciones con distancias relativamente cortas, el criterio de la máxima corriente ya vienen impuesta para las secciones mínimas que marca el reglamento.

Circuitos trifásicos:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot V \cdot \cos \varphi} \qquad C.d.t.(%) = \frac{\rho \cdot L \cdot P}{S \cdot V^2} \cdot 100 \qquad (1)$$

Circuitos monofásicos:

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos \varphi} \qquad C.d.t.(%) = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot P}{S \cdot V^2} \cdot 100 \qquad (2)$$

Donde:

C.d.t.= Caída de tensión (%)

$\rho$  = Resistividad ( $\Omega \cdot \text{mm}^2/\text{m}$ )  $\rightarrow \text{Cu} = 0,0179$

L= Longitud del cable (m)

I= Intensidad (A)

S= Sección del cable ( $\text{mm}^2$ )

V = Tensión (V)

Nos basaremos en el reglamento electrotécnico de baja tensión (REBT) para coger la sección del cable que va desde la caja de protección y medida (CPM) hasta el cuadro general de mando y protección (CGMP), y también el calculo de la sección del cable en cada circuito, dimensionando el conductor de manera que soporte la intensidad nominal del PIA, que también los condiciona el reglamento electrotécnico de baja tensión (REBT)

En base a esto, y al reglamento electrotécnico de baja tensión (REBT), la caída de tensión desde la entrada hasta el cuadro general de mando y protección (CGMP) ha de ser inferior del 1,5%, y del cuadro general de mando y protección (CGMP) en adelante, ha de ser menor del 3%.

Los cálculos de los aparatos fluorescentes se han considerado una carga mínima en voltiamperios de 1,8 veces la potencia en vatios de las lámparas o tubos de descarga que se alimentan. Así mismo para el cálculo de la sección para alimentación de motores, se remete a la ITC-BT-47; *los conductores de conexión que alimentan a un solo motor.*

### 1.1.1.1. Sección del conductor de la derivación individual (DI)

Será la sección del cable desde la caja de protección y medida (CPM) hasta el cuadro general de mando y protección (CGMP)

Este tramo de cable ha de soportar la intensidad de corte del fusible de seguridad del cuadro de protección y medida (CPM) de 40A, y según el reglamento ITC-BT-15 del REBT, la sección mínima ha de ser de 6 mm<sup>2</sup>, considerado que no hay línea general de alimentación y que solo partimos de la derivación individual (para un solo usuario). También hace referencia a cables con aislamiento de PVC, y los cables que utilizamos estarán protegidos con polietileno reticulado (XLPE), que aguanta mejor la intensidad para una misma sección. En nuestro caso, y mirando la tabla 1 del ITC-BT-19, con un cable de 6 mm<sup>2</sup>, sería suficiente para soportar los 40A.

**Tabla 13.** Intensidad admisible (A), para cables subterráneos bajo tubo (tensión asignada hasta 0,6/1Kv).

SECCIÓN mm <sup>2</sup>	3 XLPE (3 cables unipolares o 1 tripolar)		2 XLPE (2 cables unipolares o 1 bipolar)	
	Cobre	Aluminio	Cobre	Aluminio
1,5	23	--	27	--
2,5	30	23	36	27
4	39	30	46	36
6	48	37	58	44
10	64	49	77	58
16	82	62	100	77
25	105	82	130	98
35	130	98	155	120
50	155	115	183	139
70	190	145	225	170
95	225	175	265	205
120	260	200	305	230
150	300	230	340	265
185	335	260	385	295
240	400	305	440	340
300	455	350	500	385
400	530	405	570	445
500	610	465	660	510
630	710	530	735	575
Condiciones de cálculo	Resistividad térmica del terreno: 1,5 K.m/W			
	Temperatura del terreno: 25°C			
	Profundidad de la instalación: 70 cm			

Potencia contratada para la instalación:

$$P_{\text{Prevista}} = 13,85 \text{ kW}$$

Longitud del cable desde la caja de protección y medida (CPM) hasta el cuadro general de mando y protección (CGMP):

$$L = 16 \text{ m}$$

Comprobamos que cumple con la máxima caída de tensión permitida (C.d.t.(%)<1,5%) con la sección mínima de 6 mm<sup>2</sup>,

$$C.d.t.(%) = \frac{\rho \cdot L \cdot P}{S \cdot V^2} \cdot 100 = \frac{0,0179 \cdot 16 \cdot 13,85 \cdot 10^3}{6 \cdot 400^2} \cdot 100 = 0,86\% < 1,5\% \quad (4)$$

Por tanto, con S= 6 mm<sup>2</sup>, será suficiente para cumplir las condiciones, pero consideraremos un margen de seguridad mas amplio en este punto de la instalaciones como indica la norma técnica particular acometidas e instalaciones de enlace en baja tensión (NTP-IEBT). Por tanto escogeremos una S= 16 mm<sup>2</sup> del conductor de cobre como indica la norma técnica particular acometidas e instalaciones de enlace en baja tensión (NTP-IEBT).

$$C.d.t.(%) = \frac{\rho \cdot L \cdot P}{S \cdot V^2} \cdot 100 = \frac{0,0179 \cdot 16 \cdot 13,85 \cdot 10^3}{16 \cdot 400^2} \cdot 100 = 0,57\% < 1,5\% \quad (5)$$



### 1.1.1.2. Sección de los conductores de fase para los diferentes circuitos

Para hacer los cálculos de las secciones de los diferentes circuitos, se han utilizado los PIA de la tabla 1 de la ITC-BT-25 del REBT, y las secciones de los cables de los circuitos, cogemos los valores mínimos ( $S_{\min}$ ) de la tabla 1 de la ITC-BT-25 del REBT.

**Tabla 14.** Características eléctricas de los circuitos.

Circuito de utilización	Potencia prevista por toma (W)	Factor simultaneidad $F_s$	Factor utilización $F_u$	Tipo de toma <sup>(1)</sup>	Interruptor Automático (A)	Máximo nº de puntos de utilización o tomas por circuito	Conductores sección mínima mm <sup>2</sup> <sup>(5)</sup>	Tubo o conducto Diámetro mm <sup>(2)</sup>
C <sub>1</sub> Iluminación	200	0,75	0,5	Punto de luz <sup>(3)</sup>	10	30	1,5	16
C <sub>2</sub> Tomas de uso general	3.450	0,2	0,25	Base 16A 2p+T	16	20	2,5	20
C <sub>3</sub> Cocina y horno	5.400	0,5	0,75	Base 25 A 2p+T	25	2	6	25
C <sub>4</sub> Lavadora, lavavajillas y termo eléctrico	3.450	0,66	0,75	Base 16A 2p+T combinadas con fusibles o interruptores automáticos de 16 A <sup>(6)</sup>	20	3	4 <sup>(6)</sup>	20
C <sub>5</sub> Baño, cuarto de cocina	3.450	0,4	0,5	Base 16A 2p+T	16	6	2,5	20
C <sub>6</sub> Calefacción	---	---	---	---	25	---	6	25
C <sub>7</sub> Aire acondicionado	---	---	---	---	25	---	6	25
C <sub>10</sub> Secadora	3.450	1	0,75	Base 16A 2p+T	16	1	2,5	20
C <sub>11</sub> Automatización	---	---	---	---	10	---	1,5	16

<sup>(1)</sup> La tensión considerada es de 230 V entre fase y neutro.  
<sup>(2)</sup> La potencia máxima permisible por circuito será de 5.750 W.  
<sup>(3)</sup> Diámetros externos según ITC-BT-19.  
<sup>(4)</sup> La potencia máxima permisible por circuito será de 2.300 W.  
<sup>(5)</sup> Este valor corresponde a una instalación de dos conductores y tierra con aislamiento de PVC bajo tubo empotrado en obra, según tabla 1 de ITC-BT-19. Otras secciones pueden ser requeridas para otros tipos de cable o condiciones de instalación.  
<sup>(6)</sup> En este circuito exclusivamente, cada toma individual puede conectarse mediante un conductor de sección 2,5 mm<sup>2</sup> que parta de una caja de derivación del circuito de 4 mm<sup>2</sup>.  
<sup>(7)</sup> Las bases de toma de corriente de 16 A 2p+T serán fijas del tipo indicado en la figura C2a y las de 25 A 2p+T serán del tipo indicado en la figura ESB 25-5A, ambas de la norma UNE 20315.  
<sup>(8)</sup> Los fusibles o interruptores automáticos no son necesarios si se dispone de circuitos independientes para cada aparato, con interruptor automático de 16 A en cada circuito, el desdoblamiento del circuito con este fin no supondrá el paso a electrificación elevada ni la necesidad de disponer de un diferencial adicional.  
<sup>(9)</sup> El punto de luz incluirá conductor de protección.

#### Circuito 1: Iluminación 1

Potencia prevista de la instalación:  $P_{\text{prevista}} = 203,63W$

Longitud del cable desde el cuadro general de mando y protección (CGMP) hasta el punto más lejano de la instalación:  $L = 20m$

Interruptor automático (PIA) que hemos cogido:  $PIA = 10A$

Sección mínima ( $S_{\min}$ ) que hemos cogido:  $S_{\min} = 1,5mm^2$

Comprobamos que cumple con la máxima caída de tensión permitida (C.d.t.(%)<3%) con la sección mínima de 1,5 mm<sup>2</sup>.

$$C.d.t.(%) = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot P}{S \cdot V^2} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 0,0179 \cdot 20 \cdot 203,63}{1,5 \cdot 230^2} \cdot 100 = 0,18\% < 3\% \quad (6)$$

## Circuito 2: Tomas generales 1

Potencia prevista de la instalación:  $P_{\text{prevista}} = 2208W$

Longitud del cable desde el cuadro general de mando y protección (CGMP) hasta el punto más lejano de la instalación:  $L = 20m$

Interruptor automático (PIA) que hemos cogido:  $PIA = 16A$

Sección mínima ( $S_{\min}$ ) que hemos cogido:  $S_{\min} = 2,5mm^2$

Comprobamos que cumple con la máxima caída de tensión permitida (C.d.t.(%)<3%) con la sección mínima de 2,5 mm<sup>2</sup>.

$$C.d.t.(%) = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot P}{S \cdot V^2} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 0,0179 \cdot 20 \cdot 2208}{2,5 \cdot 230^2} \cdot 100 = 1,19\% < 3\% \quad (7)$$

## Circuito 3: Cocina y horno

Potencia prevista de la instalación:  $P_{\text{prevista}} = 901,25W$

Longitud del cable desde el cuadro general de mando y protección (CGMP) hasta el punto más lejano de la instalación:  $L = 13m$

Interruptor automático (PIA) que hemos cogido:  $PIA = 25A$

Sección mínima ( $S_{\min}$ ) que hemos cogido:  $S_{\min} = 6mm^2$

Comprobamos que cumple con la máxima caída de tensión permitida (C.d.t.(%)<3%) con la sección mínima de 6 mm<sup>2</sup>.

$$C.d.t.(%) = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot P}{S \cdot V^2} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 0,0179 \cdot 13 \cdot 901,25}{6 \cdot 230^2} \cdot 100 = 0,13\% < 3\% \quad (8)$$

#### **Circuito 4: Lavavajillas**

Potencia prevista de la instalación:  $P_{\text{prevista}} = 1207,5W$

Longitud del cable desde el cuadro general de mando y protección (CGMP) hasta el punto más lejano de la instalación:  $L = 14m$

Interruptor automático (PIA) que hemos cogido:  $PIA = 20A$

Sección mínima ( $S_{\min}$ ) que hemos cogido:  $S_{\min} = 4mm^2$

Comprobamos que cumple con la máxima caída de tensión permitida (C.d.t.(%)<3%) con la sección mínima de 4 mm<sup>2</sup>.

$$C.d.t.(%) = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot P}{S \cdot V^2} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 0,0179 \cdot 14 \cdot 1207,5}{4 \cdot 230^2} \cdot 100 = 0,29\% < 3\% \quad (9)$$

#### **Circuito 5: Tomas auxiliares de cocina y baño**

Potencia prevista de la instalación:  $P_{\text{prevista}} = 1324,8W$

Longitud del cable desde el cuadro general de mando y protección (CGMP) hasta el punto más lejano de la instalación:  $L = 12m$

Interruptor automático (PIA) que hemos cogido:  $PIA = 16A$

Sección mínima ( $S_{\min}$ ) que hemos cogido:  $S_{\min} = 2,5mm^2$

Comprobamos que cumple con la máxima caída de tensión permitida (C.d.t.(%)<3%) con la sección mínima de 2,5 mm<sup>2</sup>.

$$C.d.t.(%) = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot P}{S \cdot V^2} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 0,0179 \cdot 12 \cdot 1324,8}{2,5 \cdot 230^2} \cdot 100 = 0,43\% < 3\% \quad (10)$$

## Circuito 6: Iluminación 2

Potencia prevista de la instalación:  $P_{\text{prevista}} = 109,58W$

Longitud del cable desde el cuadro general de mando y protección (CGMP) hasta el punto más lejano de la instalación:  $L = 16m$

Interruptor automático (PIA) que hemos cogido:  $PIA = 10A$

Sección mínima ( $S_{\min}$ ) que hemos cogido:  $S_{\min} = 1,5mm^2$

Comprobamos que cumple con la máxima caída de tensión permitida (C.d.t.(%)<3%) con la sección mínima de 1,5 mm<sup>2</sup>.

$$C.d.t.(%) = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot P}{S \cdot V^2} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 0,0179 \cdot 16 \cdot 109,58}{1,5 \cdot 230^2} \cdot 100 = 0,08\% < 3\% \quad (11)$$

## Circuito 7: Tomas generales 2

Potencia prevista de la instalación:  $P_{\text{prevista}} = 2208W$

Longitud del cable desde el cuadro general de mando y protección (CGMP) hasta el punto más lejano de la instalación:  $L = 25m$

Interruptor automático (PIA) que hemos cogido:  $PIA = 16A$

Sección mínima ( $S_{\min}$ ) que hemos cogido:  $S_{\min} = 2,5mm^2$

Comprobamos que cumple con la máxima caída de tensión permitida (C.d.t.(%)<3%) con la sección mínima de 2,5 mm<sup>2</sup>.

$$C.d.t.(%) = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot P}{S \cdot V^2} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 0,0179 \cdot 25 \cdot 2208}{2,5 \cdot 230^2} \cdot 100 = 1,49\% < 3\% \quad (12)$$

### Circuito 8: Persianas, toldos y sensores

Potencia prevista de la instalación:  $P_{\text{prevista}} = 300W$

Longitud del cable desde el cuadro general de mando y protección (CGMP) hasta el punto más lejano de la instalación:  $L = 40m$

Interruptor automático (PIA) que hemos cogido:  $PIA = 16A$

Sección mínima ( $S_{\min}$ ) que hemos cogido:  $S_{\min} = 2,5mm^2$

Comprobamos que cumple con la máxima caída de tensión permitida (C.d.t.(%)<3%) con la sección mínima de 2,5 mm<sup>2</sup>.

$$C.d.t.(%) = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot P}{S \cdot V^2} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 0,0179 \cdot 40 \cdot 300}{2,5 \cdot 230^2} \cdot 100 = 0,32\% < 3\% \quad (13)$$

### Circuito 9: Aire acondicionado

Potencia prevista de la instalación:  $P_{\text{prevista}} = 750W$

Longitud del cable desde el cuadro general de mando y protección (CGMP) hasta el punto más lejano de la instalación:  $L = 32m$

Interruptor automático (PIA) que hemos cogido:  $PIA = 25A$

Sección mínima ( $S_{\min}$ ) que hemos cogido:  $S_{\min} = 6mm^2$

Comprobamos que cumple con la máxima caída de tensión permitida (C.d.t.(%)<3%) con la sección mínima de 6 mm<sup>2</sup>.

$$C.d.t.(%) = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot P}{S \cdot V^2} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 0,0179 \cdot 32 \cdot 750}{6 \cdot 230^2} \cdot 100 = 0,27\% < 3\% \quad (14)$$

### Circuito 10: Secadora

Potencia prevista de la instalación:  $P_{\text{prevista}} = 900W$

Longitud del cable desde el cuadro general de mando y protección (CGMP) hasta el punto más lejano de la instalación:  $L = 26m$

Interruptor automático (PIA) que hemos cogido:  $PIA = 16A$

Sección mínima ( $S_{\min}$ ) que hemos cogido:  $S_{\min} = 2,5mm^2$

Comprobamos que cumple con la máxima caída de tensión permitida (C.d.t.(%)<3%) con la sección mínima de 2,5 mm<sup>2</sup>.

$$C.d.t.(%) = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot P}{S \cdot V^2} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 0,0179 \cdot 26 \cdot 900}{2,5 \cdot 230^2} \cdot 100 = 0,63\% < 3\% \quad (15)$$

### Circuito 11: Automatización

Potencia prevista de la instalación:  $P_{\text{prevista}} = 200W$

Longitud del cable desde el cuadro general de mando y protección (CGMP) hasta el punto más lejano de la instalación:  $L = 5m$

Interruptor automático (PIA) que hemos cogido:  $PIA = 10A$

Sección mínima ( $S_{\min}$ ) que hemos cogido:  $S_{\min} = 1,5mm^2$

Comprobamos que cumple con la máxima caída de tensión permitida (C.d.t.(%)<3%) con la sección mínima de 1,5 mm<sup>2</sup>.

$$C.d.t.(%) = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot P}{S \cdot V^2} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 0,0179 \cdot 5 \cdot 200}{1,5 \cdot 230^2} \cdot 100 = 0,17\% < 3\% \quad (16)$$

### Circuito 12.1: Iluminación 3

Potencia prevista de la instalación:  $P_{\text{prevista}} = 90W$

Longitud del cable desde el cuadro general de mando y protección (CGMP) hasta el punto más lejano de la instalación:  $L = 52m$

Interruptor automático (PIA) que hemos cogido:  $PIA = 10A$

Sección mínima ( $S_{\min}$ ) que hemos cogido:  $S_{\min} = 1,5mm^2$

Comprobamos que cumple con la máxima caída de tensión permitida (C.d.t.(%)<3%) con la sección mínima de 1,5 mm<sup>2</sup>.

$$C.d.t.(%) = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot P}{S \cdot V^2} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 0,0179 \cdot 52 \cdot 90}{1,5 \cdot 230^2} \cdot 100 = 0,21\% < 3\% \quad (17)$$

### Circuito 12.2: Tomas generales

Potencia prevista de la instalación:  $P_{\text{prevista}} = 375W$

Longitud del cable desde el cuadro general de mando y protección (CGMP) hasta el punto más lejano de la instalación:  $L = 53m$

Interruptor automático (PIA) que hemos cogido:  $PIA = 16A$

Sección mínima ( $S_{\min}$ ) que hemos cogido:  $S_{\min} = 2,5mm^2$

Comprobamos que cumple con la máxima caída de tensión permitida (C.d.t.(%)<3%) con la sección mínima de 2,5 mm<sup>2</sup>.

$$C.d.t.(%) = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot P}{S \cdot V^2} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 0,0179 \cdot 53 \cdot 375}{2,5 \cdot 230^2} \cdot 100 = 0,54\% < 3\% \quad (18)$$

### **Circuito 13.1: Iluminación**

Potencia prevista de la instalación:  $P_{\text{prevista}} = 66W$

Longitud del cable desde el cuadro general de mando y protección (CGMP) hasta el punto más lejano de la instalación:  $L = 35m$

Interruptor automático (PIA) que hemos cogido:  $PIA = 10A$

Sección mínima ( $S_{\min}$ ) que hemos cogido:  $S_{\min} = 1,5mm^2$

Comprobamos que cumple con la máxima caída de tensión permitida (C.d.t.(%)<3%) con la sección mínima de 1,5 mm<sup>2</sup>.

$$C.d.t.(%) = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot P}{S \cdot V^2} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 0,0179 \cdot 35 \cdot 66}{1,5 \cdot 230^2} \cdot 100 = 0,1\% < 3\% \quad (19)$$

### **Circuito 13.2: Tomas generales**

Potencia prevista de la instalación:  $P_{\text{prevista}} = 110,4W$

Longitud del cable desde el cuadro general de mando y protección (CGMP) hasta el punto más lejano de la instalación:  $L = 35m$

Interruptor automático (PIA) que hemos cogido:  $PIA = 16A$

Sección mínima ( $S_{\min}$ ) que hemos cogido:  $S_{\min} = 2,5mm^2$

Comprobamos que cumple con la máxima caída de tensión permitida (C.d.t.(%)<3%) con la sección mínima de 2,5 mm<sup>2</sup>.

$$C.d.t.(%) = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot P}{S \cdot V^2} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 0,0179 \cdot 35 \cdot 110,4}{2,5 \cdot 230^2} \cdot 100 = 0,18\% < 3\% \quad (20)$$



### Circuito 13.6: Tomas generales

Potencia prevista de la instalación:  $P_{\text{prevista}} = 187,5W$

Longitud del cable desde el cuadro general de mando y protección (CGMP) hasta el punto más lejano de la instalación:  $L = 36m$

Interruptor automático (PIA) que hemos cogido:  $PIA = 16A$

Sección mínima ( $S_{\min}$ ) que hemos cogido:  $S_{\min} = 2,5mm^2$

Comprobamos que cumple con la máxima caída de tensión permitida (C.d.t.(%)<3%) con la sección mínima de 2,5 mm<sup>2</sup>.

$$C.d.t.(%) = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot P}{S \cdot V^2} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 0,0179 \cdot 36 \cdot 187,5}{2,5 \cdot 230^2} \cdot 100 = 0,45\% < 3\% \quad (21)$$

### Circuito 13.7: Tomas generales

Potencia prevista de la instalación:  $P_{\text{prevista}} = 412,5W$

Longitud del cable desde el cuadro general de mando y protección (CGMP) hasta el punto más lejano de la instalación:  $L = 40m$

Interruptor automático (PIA) que hemos cogido:  $PIA = 16A$

Sección mínima ( $S_{\min}$ ) que hemos cogido:  $S_{\min} = 2,5mm^2$

Comprobamos que cumple con la máxima caída de tensión permitida (C.d.t.(%)<3%) con la sección mínima de 2,5 mm<sup>2</sup>.

$$C.d.t.(%) = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot P}{S \cdot V^2} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 0,0179 \cdot 40 \cdot 412,5}{2,5 \cdot 230^2} \cdot 100 = 0,45\% < 3\% \quad (22)$$

### **Circuito 13.8: Tomas generales**

Potencia prevista de la instalación:  $P_{\text{prevista}} = 180W$

Longitud del cable desde el cuadro general de mando y protección (CGMP) hasta el punto más lejano de la instalación:  $L = 37m$

Interruptor automático (PIA) que hemos cogido:  $PIA = 16A$

Sección mínima ( $S_{\min}$ ) que hemos cogido:  $S_{\min} = 2,5mm^2$

Comprobamos que cumple con la máxima caída de tensión permitida (C.d.t.(%)<3%) con la sección mínima de 2,5 mm<sup>2</sup>.

$$C.d.t.(%) = \frac{2 \cdot \rho \cdot L \cdot P}{S \cdot V^2} \cdot 100 = \frac{2 \cdot 0,0179 \cdot 37 \cdot 180}{2,5 \cdot 230^2} \cdot 100 = 0,18\% < 3\% \quad (23)$$

### 1.1.1.3. Acometida

La intensidad máxima que circulara para la potencia contratada será:

$$I = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U \cdot \cos \varphi} = \frac{1385000}{\sqrt{3} \cdot 400 \cdot 1} = 40A \quad (24)$$

La caída de tensión para la acometida:

$$C.d.t.(%) = \frac{\rho \cdot L \cdot P}{S \cdot V^2} \cdot 100 = \frac{0,0179 \cdot 30 \cdot 13,85 \cdot 10^3}{50 \cdot 400^2} \cdot 100 = 0,33\% \quad (25)$$

Nuestra acometida tiene una longitud de 6 metros y una caída de tensión de 0,33%, teniendo en cuenta que la caída de tensión máxima admisible para la acometida es de 0,5%, podemos decir que el conductor escogido cumple con las especificaciones pertinentes.

### 1.1.1.4. Instalación de enlace

Para asegurarnos que la elección del fusible de 63A para la CGP es correcto, se debe cumplir que:

$$\begin{array}{ll} I_b \leq I_n \leq I_z & I_n \leq 0,9 \cdot I_z \\ 45A \leq 63A \leq 75A & 63A \leq 67,5A \end{array} \quad (26)$$

Donde:

$I_b$  :Intensidad de diseño del circuito (A)

$I_n$  :Intensidad asignada al fusible de la CGP (A)

$I_z$  :Intensidad máxima admisible por los conductores (A)

Podemos comprobar que el fusible seleccionado cumple con la normativa.

### 1.1.1.5. Sección del conductor neutro

Teniendo en cuenta que hemos escogido un conductor para las fases de  $S = 16 \text{ mm}^2$  de cobre como indica la norma técnica particular acometidas e instalaciones de enlace en baja tensión (NTP-IEBT), y basándonos en la tabla 1 de la ITC-BT-14 del REBT, cogeremos para el conductor del neutro una  $S = 16 \text{ mm}^2$ .

**Tabla 15.** Sección mínima del conductor neutro.

Secciones ( $\text{mm}^2$ )	
FASE	NEUTRO
10 (Cu)	10
16 (Cu)	10
16 (Al)	16
25	16
35	16
50	25
70	35
95	50
120	70
150	70
185	95
240	120

### 1.1.1.6. Sección del conductor de protección (Tierra)

Para el conductor de protección se utiliza la misma sección, que la sección utilizada para los conductores de fase basándonos en la tabla 2 de la ITC-BT-18 del REBT, la sección del conductor de protección será  $S = 16 \text{ mm}^2$ .

**Tabla 16.** Relación entre las secciones de los conductores de protección y los de fase.

Sección de los conductores de fase de la instalación $S (\text{mm}^2)$	Sección mínima de los conductores de protección $S_p (\text{mm}^2)$
$S \leq 16$	$S_p = S$
$16 < S \leq 35$	$S_p = 16$
$S > 35$	$S_p = S/2$

### 1.1.2. Cálculos de las secciones de los tubos

#### 1.1.2.1. Sección del tubo de la derivación individual (DI)

Teniendo en cuenta que la sección de las fases sn de  $S = 16 \text{ mm}^2$ , y según la tabla 1 de la ITC-BT-14 del REBT, cogeremos para estos conductores unos tubos de diámetro exterior de  $D = 75 \text{ mm}$ .

**Tabla 17.** Diámetro exterior de los tubos (mm)

Secciones ( $\text{mm}^2$ )		Diámetro exterior de los tubos (mm)
FASE	NEUTRO	
10 (Cu)	10	75
16 (Cu)	10	75
16 (Al)	16	75
25	16	110
35	16	110
50	25	125
70	35	140
95	50	140
120	70	160
150	70	160
185	95	180
240	120	200

### 1.1.2.2. Sección de los tubos para los diferentes circuitos

A partir de la tabla 1 de la ITC-BT-25 del REBT, podemos establecer las secciones exteriores de los tubos de los conductores por la vivienda. En la siguiente tabla, definimos los diámetros de los tubos escogidos para cada circuito:

**Tabla 18.** Tipos de tubos de PVC.

Circuitos	Número	Sección (mm <sup>2</sup> )	Diámetro de tubo de PVC (mm)
<b>C1: Iluminación</b>	3	1,5	16
<b>C2: Tomas de corriente</b>	3	2,5	20
<b>C3: Cocina y horno</b>	3	6	25
<b>C4: Lavavajillas</b>	3	4	20
<b>C5: Baño y cocina</b>	3	2,5	20
<b>C6: Iluminación</b>	3	1,5	16
<b>C7: Tomas de corriente</b>	3	2,5	20
<b>C8: Persianas, toldos y sensores</b>	3	2,5	20
<b>C9: Aire acondicionado</b>	3	6	25
<b>C10: Secadora</b>	3	2,5	20
<b>C11: Domótica</b>	3	1,5	16
<b>C12.1: Iluminación</b>	3	1,5	16
<b>C12.2: Bomba de circulación</b>	3	2,5	20
<b>C13.1: Iluminación</b>	3	1,5	16
<b>C13.2: Tomas de corriente</b>	3	2,5	20
<b>C13.3: Bomba de circulación</b>	3	2,5	20
<b>C13.4: Disipador</b>	3	2,5	20
<b>C13.5: Interacumulador</b>	3	2,5	20
<b>C13.6: Bomba de circulación</b>	3	2,5	20
<b>C13.7: Disipador</b>	3	2,5	20
<b>C13.8: Interacumulador</b>	3	2,5	20
<b>Derivación individual</b>	5	16	75

### 1.1.3. Cálculo de la puesta a tierra

Según la ITC-BT-26 del REBT, en toda nueva edificación se establecerá una toma de tierra de protección, instalando en el fondo de las zanjas de cimentación de los edificios, y antes de empezar ésta, un cable rígido de cobre desnudo de una sección mínima según se indica en la ITC-BT-18 del REBT, formando un anillo cerrado que interese a todo el perímetro del edificio.

Según la ITC-BT-18, El cable será de cobre desnudo y de sección mínima según la tabla 19 de la ITC-BT-18 del REBT, será de 35mm<sup>2</sup>.

**Tabla 19.** Secciones mínimas para los conductores de tierra o líneas de enlace con tierra.

TIPO	Protegido mecánicamente	No protegido mecánicamente
Protegido contra la corrosión (envolvente)	Según Tabla 3	16 mm <sup>2</sup> Cu 16 mm <sup>2</sup> Acero galvanizado
No protegido contra la corrosión (desnudo)	25 mm <sup>2</sup> Cu 50 mm <sup>2</sup> Hierro	

En nuestro caso, la longitud del anillo cerrado de cobre tendrá unas dimensiones aproximadas de 25 metros.

La resistividad del terreno, teniendo en cuenta que SAN ADRIÁN DE BESÓS, el terreno predominantemente en la zona es arcilloso, y según la tabla 3 de la ITC-BT-18 del REBT, observamos que la resistividad oscila entre 50 y 500 ( $\Omega \cdot m$ ) en terrenos arena arcillosa, escogemos un valor seguro como resistividad limite del terreno, que en nuestro caso va a ser la máxima de resistividad en terrenos arcillosos 500 ( $\Omega \cdot m$ ).

**Tabla 20.** Valores orientativos de la resistividad en función del terreno.

Naturaleza terreno	Resistividad en Ohm.m
Terrenos pantanosos	de algunas unidades a 30
Limo	20 a 100
Humus	10 a 150
Turba húmeda	5 a 100
Arcilla plástica	50
Margas y Arcillas compactas	100 a 200
Margas del Jurásico	30 a 40
Arena arcillosas	50 a 500
Arena silícea	200 a 3.000
Suelo pedregoso cubierto de césped	300 a 5.00
Suelo pedregoso desnudo	1500 a 3.000
Calizas blandas	100 a 300
Calizas compactas	1.000 a 5.000
Calizas agrietadas	500 a 1.000
Pizarras	50 a 300
Roca de mica y cuarzo	800
Granitos y gres procedente de alteración	1.500 a 10.000
Granito y gres muy alterado	100 a 600

La Guía Técnica de Aplicación del REBT, basándose en la Norma Tecnológica de la Edificación (NTE), recomienda realizar la puesta a tierra según la tabla 21.

**Tabla 21.** Cálculo de la toma de tierra según NTE.

Terrenos orgánicos, arcillas y margas		Arenas arcillosas y graveras, rocas sedimentarias y metamórficas		Calizas agrietadas y rocas eruptivas		Grava y arena silícea		Nº de picas de 2 m de longitud
sin pararrayos	con pararrayos	sin pararrayos	con pararrayos	sin pararrayos	con pararrayos	sin pararrayos	con pararrayos	
25	34	28	67	54	134	162	400	0
^	30	25	63	50	130	158	396	1
	26	^	59	46	126	154	392	2
	^		55	42	122	150	388	3
			51	38	118	146	384	4
			47	34	114	142	380	5
			43	30	110	138	376	6
			39	^	106	134	372	7
			35		105	130	368	8
			^		98	126	364	9
					94	122	360	10
					74	102	340	15
					^	82	320	20
						^	280	30
							240	40
							200	50
							^	



Como en nuestro caso es arena arcillosa, sin pararrayos y más de 25 metros de longitud del anillo, el número de picas a instalar es de 1.

La comprobación de que esto es cierto, es la siguiente. El cálculo del número de picas a instalar es:

- Cálculo analítico, resistencia del anillo de 25 m (conductor enterrado horizontalmente):

$$R_{t \text{ anillo}} = \frac{2 \cdot \rho}{L} = \frac{2 \cdot 500}{25} = 40\Omega \quad (27)$$

Como deseamos  $R_t = 37\Omega$ , colocaremos picas verticales de 2 m unidas al anillo.

El conjunto de picas y el anillo están en paralelo respecto de tierra.

$$\frac{1}{R_t} = \frac{1}{R_{t \text{ anillo}}} + \frac{1}{R_{t \text{ picas}}} \Rightarrow R_{t \text{ picas}} = \frac{1}{\frac{1}{R_t} - \frac{1}{R_{t \text{ anillo}}}} = \frac{1}{\frac{1}{37} - \frac{1}{40}} = 493,33\Omega \quad (28)$$

El número de picas necesario, N, se obtendrá de la expresión de la resistencia de N picas en paralelo:

$$R_{picas} = \frac{\rho}{N \cdot L} \Rightarrow N = \frac{\rho}{R_{picas} \cdot L} = \frac{500}{493,33 \cdot 2} = 0,506 \Rightarrow 1 \text{ Pica} \quad (29)$$

En la arqueta de conexión situada en la entrada de la vivienda, justo antes de los dispositivos de mando y protección se realizara la conexión con el conductor de protección correspondiente.

Se pondrán 1 pica vertical UNE 21056 (15 mm<sup>2</sup> diámetro, acero galvanizado)

25 metros de conductor enterrado de cobre y diámetro de 35mm<sup>2</sup> para el anillo cerrado de puesta a tierra.

**Conductor enterrado→Longitud: 25 metros→ Diámetro: 35mm<sup>2</sup>**

**Picas: 1(15mm<sup>2</sup>)**

Por lo tanto podemos decir que:

$$R_{\text{Puesta a tierra}} \cdot I_d < U_c \quad (30)$$

Donde:

$R_{\text{Puesta a tierra}}$  : Puesta a tierra ( $37\Omega$ )( $\Omega$ )

$I_d$  : Corriente que garantiza el funcionamiento automático el dispositivo de protección (30mA) (A)

$U_c$  : Tensión de contacto permitida (50V) (V)

Teniendo en cuenta esto, calculamos si cumple la normativa.

$$R_{\text{Puesta a tierra}} \cdot I_d < U_c \rightarrow 37 \cdot 30 \cdot 10^{-3} < 50 \rightarrow 1,11 < 50 \quad (31)$$

Podemos observar que la tensión máxima de contacto es inferior a los 50V que marca la normativa.

#### 1.1.4. Cálculos de la previsión de carga y características de los circuitos

A continuación se muestra la tabla utilizada para el cálculo e la previsión de potencias de nuestra instalación y las tablas para el cálculo y dimensionado de nuestros circuitos.

##### 1.1.4.1. Cálculos de potencia de cada circuito

En las siguientes tablas podemos observar la potencia de cada circuito eléctrico de la instalación.

**Tabla 22.** Circuito C1.

<b>C1</b>		
<b>TIPO DE LUMINARIA</b>	<b>TOMAS</b>	<b>POTENCIA</b>
<b>2GX13 22W</b>	20	440
<b>2G7 11W</b>	8	8
<b>Ledio 7,5W</b>	2	15
<b>Total</b>		<b>543</b>

**Tabla 23.** Circuito C2.

<b>C2</b>				
<b>ZONA</b>	<b>TOMAS</b>	<b>INTENSIDAD</b>	<b>TENSION</b>	<b>P(W)</b>
<b>GARAJE</b>	3	16	230	11040
<b>HALL 1</b>	1	16	230	3680
<b>SALON</b>	3	16	230	11040
<b>COCINA</b>	2	16	230	7360
<b>COMEDOR</b>	3	16	230	11040
<b>LAVADERO</b>	2	16	230	7360
<b>PASILLO 1</b>	1	16	230	3680
<b>Total</b>				<b>55200</b>

**Tabla 24.** Circuito C3.

<b>C3</b>	
<b>WATIOS MATERIAL(W)</b>	<b>P(W)</b>
2575	2575
<b>Total</b>	<b>2575</b>

Tabla 25. Circuito C4.

<b>C4</b>	
<b>WATIOS MATERIAL(W)</b>	<b>P(W)</b>
<b>Lavadora 1950W</b>	1950
<b>Termo 1500W</b>	1500
<b>Total</b>	<b>3450</b>

Tabla 26. Circuito C5.

<b>C5</b>				
<b>ZONA</b>	<b>TOMAS</b>	<b>INTENSIDAD</b>	<b>TENSION</b>	<b>P(W)</b>
<b>COCINA</b>	1	16	230	3680
<b>W1</b>	1	16	230	3680
<b>W2</b>	1	16	230	3680
<b>W3</b>	1	16	230	3680
<b>Total</b>				<b>14720</b>

Tabla 27. Circuito C6.

<b>C6</b>		
<b>TIPO DE LUMINARIA</b>	<b>TOMAS</b>	<b>POTENCIA</b>
<b>2GX13 22W</b>	9	198
<b>2G7 11W</b>	7	77
<b>Ledio 7,5W</b>	4	7,5
<b>Promanade 56W</b>	8	448
<b>Total</b>		<b>730,5</b>

Tabla 28. Circuito C7.

<b>C7</b>	<b>TOMAS</b>	<b>INTENSIDAD</b>	<b>TENSION</b>	<b>P(W)</b>
<b>PASILLO 2</b>	1	16	230	3680
<b>DORMITORIO 1</b>	4	16	230	14720
<b>DORMITORIO 2</b>	3	16	230	11040
<b>DORMITORIO 3</b>	3	16	230	11040
<b>ZONAS COMUNES</b>	4	16	230	14720
<b>Total</b>				<b>55200</b>

Tabla 29. Circuito C8.

<b>C8</b>	<b>Numero</b>	<b>P(W)</b>	<b>Total</b>
<b>Persianas, toldos y sensores 500W</b>	10	500	5000
<b>Total</b>			<b>5000</b>

**Tabla 30.** Circuito C9.

<b>C9</b>	<b>Numero</b>	<b>P(W)</b>	<b>Total</b>
<b>AIRES 1500W</b>	2	1500	3000
<b>Total</b>			<b>3000</b>

**Tabla 31.** Circuito C10.

<b>C10</b>	<b>P(W)</b>	<b>Total</b>
<b>SECADORA 1600w</b>	1600	1600
<b>Total</b>		<b>1600</b>

**Tabla 32.** Circuito C11.

<b>C11</b>	<b>P(W)</b>	<b>Total</b>
<b>Equipo de domótico 200w</b>	200	200
<b>Total</b>		<b>200</b>

**Tabla 33.** Circuito C12.

<b>C12</b>	<b>Potencia (W)</b>
<b>C12.1(Foco piscina 60W)</b>	240
<b>C12.2(motor 1cv)</b>	1000
<b>Total</b>	<b>1240</b>

**Tabla 34.** Circuito C13.

<b>C13</b>	<b>Potencia (W)</b>
<b>C13.1(2GX13 22W)</b>	66
<b>C13.2(Tomas de corriente)</b>	11040
<b>C13.3(Bomba de circulación)</b>	1000
<b>C13.4(Disipador)</b>	6600
<b>C13.5(Interacumulador)</b>	1500
<b>C13.6(Bomba de circulación)</b>	1000
<b>C13.7(Disipador)</b>	6600
<b>C13.8(Interacumulador)</b>	1500
<b>Total</b>	<b>29306</b>

## 1.1.4.2. Cálculos de previsión de potencia

**Tabla 35.** Previsión de potencia.

Circuitos	Potencia instalada (W)	(Fs)	(Fu)	Fases	Potencia prevista (W)
<b>Cuadro general de mando y protección</b>					
<b>C1: Iluminación</b>	543	0,75	0,5	R	203,63
<b>C2: Tomas de corriente</b>	55200	0,2	0,2	S	2208
<b>C3: Cocina y horno</b>	2575	0,5	0,7	T	901,25
<b>C4: Lavavajillas</b>	3450	0,5	0,7	T	1207,5
<b>C5: Baño y cocina</b>	14720	0,3	0,3	S	1324,8
<b>C6: Iluminación</b>	730,5	0,5	0,3	T	109,58
<b>C7: Tomas de corriente</b>	55200	0,2	0,2	R	2208
<b>C8: Persianas, toldos y sensores</b>	5000	0,3	0,2	S	300
<b>C9: Aire acondicionado</b>	3000	0,5	0,5	T	750
<b>C10: Secadora</b>	1600	0,75	0,75	T	900
<b>C11: Domótica</b>	200	1	1	S	200
<b>C12.1:Iluminación</b>	240	0,75	0,5	T	90
<b>C12.2:Bomba de circulación</b>	1000	0,75	0,5	T	375
<b>C13.1:Iluminación</b>	66	0,75	0,5	R	24,75
<b>C13.2:Tomas de corriente</b>	11040	0,1	0,1	R	110,4
<b>C13.3:Bomba de circulación</b>	1000	0,3	0,3	S	90
<b>C13.4:Disipador</b>	6600	0,5	0,5	R	1650
<b>C13.5:Interacumulador</b>	1500	0,25	0,25	T	93,75
<b>C13.6:Bomba de circulación</b>	1000	0,25	0,75	S	187,5
<b>C13.7:Disipador</b>	6600	0,25	0,25	R	412,5
<b>C13.8:Interacumulador</b>	1500	0,3	0,4	S	180
<b>Total potencia (W)</b>					<b>13526,65</b>

### 1.1.4.3. Cálculos de potencia referente a iluminación

**Tabla 36.** Potencia iluminación primera planta.

Primera planta	Potencia	Garaje	Porche	Salón	Escaleras	Cocina	Comedor	Terraza 1	Pasillo 1	Wc 4
2GX13 22W	22	4		6		3	3			440
2G7 11W	11		1		3				1	1 88
Ledio 7,5W	7,5							2		15
Promanade 56W	56									0
<b>TOTAL</b>										<b>543</b>

**Tabla 37.** Potencia iluminación segunda planta.

Segunda planta	Potencia	Terraza 2	Hall 2	Dor 1	Wc 1	Dor 2	Wc 2	Dor 3	Wc 3	Zonas comunes
2GX13 22W	22			4		2		3		198
2G7 11W	11		3		2		1		1	77
Ledio 7,5W	7,5	1								7,5
Promanade 56W	56									8 448
<b>TOTAL</b>										<b>730,5</b>

**Tabla 38.** Potencia iluminación piscina.

Piscina	Potencia	Piscina
Foco piscina 60W	60	4 240
<b>TOTAL</b>		<b>240</b>

## 1.1.4.4. Cálculos de parámetros de los circuitos

**Tabla 39.** Parámetros de cada circuito.

Circuitos	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
<b>Tensión (V)</b>	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230
<b>Protección magnetotérmico (A)</b>	10	16	25	20	16	10	16	16	25	16	10
<b>P. Instalada (W)</b>	543	55200	2575	3450	14720	730,5	55200	5000	3000	1600	200
<b>Fs</b>	0,75	0,2	0,5	0,5	0,3	0,5	0,2	0,3	0,5	0,75	1
<b>Fu</b>	0,5	0,2	0,7	0,7	0,3	0,3	0,2	0,2	0,5	0,75	1
<b>Puntos Total</b>	30	15	1	3	5	25	15	10	2	1	1
<b>P. Prevista</b>	203,63	2208	901,25	1207,5	1324,8	109,58	2208	300	750	900	200
<b>Intensidad (A)</b>	0,89	9,60	3,92	5,25	5,76	0,48	9,60	1,30	3,26	3,91	0,87
<b>Longitud máx(m)</b>	20	20	13	14	12	16	25	40	32	26	5
<b>Sección conductor(mm²)</b>	0,09	0,99	0,26	0,38	0,36	0,04	1,24	0,27	0,54	0,53	0,02
<b>Sección (mm²)</b>	1,5	2,5	6	4	2,5	1,5	2,5	2,5	6	2,5	1,5
<b>Diámetro tubo PVC (mm)</b>	16	20	25	20	20	16	20	20	25	20	16
<b>Cdt(%)</b>	0,18	1,19	0,13	0,29	0,43	0,08	1,49	0,32	0,27	0,63	0,17

**Tabla 40.** Parámetros de cada circuito.

Circuitos	C12.1	C12.2	C13.1	C13.2	C13.3	C13.4	C13.5	C13.6	C13.7	C13.8	DI
<b>Tensión (V)</b>	230	230	230	230	230	230	230	230	230	230	400
<b>Protección magnetotérmico (A)</b>	10	16	10	16	16	16	16	16	16	16	40
<b>P. Instalada (W)</b>	240	1000	66	11040	1000	6600	1500	1000	6600	1500	13850
<b>Fs</b>	0,75	0,75	0,75	0,1	0,3	0,5	0,25	0,25	0,25	0,3	-
<b>Fu</b>	0,5	0,5	0,5	0,1	0,3	0,5	0,25	0,75	0,25	0,4	-
<b>Puntos Total</b>	10	3	3	3	1	1	1	1	1	1	1
<b>P. Prevista</b>	90	375	24,75	110,4	90	1650	93,75	187,5	412,5	180	13526,7
<b>Intensidad (A)</b>	0,39	1,63	0,11	0,48	0,39	7,17	0,41	0,82	1,79	0,78	19,52
<b>Longitud máx(m)</b>	52	53	35	35	36	40	37	36	40	37	30
<b>Sección conductor(mm²)</b>	0,11	0,45	0,02	0,09	0,07	1,49	0,08	0,15	0,37	0,15	6,04
<b>Sección (mm²)</b>	1,5	2,5	1,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	2,5	16
<b>Diámetro tubo PVC (mm)</b>	16	20	16	20	20	20	20	20	20	20	75
<b>Cdt(%)</b>	0,21	0,54	0,10	0,18	0,17	1,78	0,16	0,18	0,45	0,18	0,57



# **CAPÍTULO 2: CÁLCULOS SOLAR TÉRMICO**

## 2.1. Cálculos solar térmico de la vivienda

El primer paso para dimensionar el sistema de energía solar térmica es el de conocer las necesidades energéticas de ACS y calefacción en la vivienda unifamiliar.

Para determinar la demanda energética del ACS basaremos los cálculos en el "Documento Básico de Ahorro de Energía HE4: Contribución solar mínima de Agua Caliente Sanitaria (**ACS**), del código técnico de edificación (**CTE**)", "decreto 21/2006 de 14 de febrero, por el cual se regula la adopción de criterios ambientales y de eficiencia en los edificios", "ordenanza municipal de Sant Adrián del besós", y "Cuaderno Práctico para el Instalador, editado por el Instituto Catalán de Energía (**ICAEN**)", "Atlas de radiación solar en Cataluña" y en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (**RITE**).

Para determinar la demanda energética de la calefacción basaremos los cálculos en el "Documento Básico de Ahorro de Energía HE1: Limitación de la demanda energética, del código técnico de edificación (**CTE**)", "Norma Básica de la Edificación: Condiciones Térmicas de los Edificios (**NBE CT 79**)", "Los Grados-Día de Calefacción y Refrigeración en Cataluña, editado por el Instituto Catalán de Energía (**ICAEN**)", "Atlas de radiación solar en Cataluña" y en el Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios (**RITE**).

### *2.1.1. Datos de partida*

Los datos de partida son de gran importancia en el desarrollo de un proyecto, ya que de ellos dependen los cálculos realizados, y por lo tanto los resultados del proyecto. De manera que estos datos serán definidos, con la mayor exactitud posible para obtener unos resultados satisfactorios en el desarrollo del proyecto.

Siendo estos datos los siguientes:

- Datos referidos a la familia ocupante de la vivienda
- La familia esta formada por 3 miembros; 2 adultos y 1 niños.
- Los hábitos de consumo de agua caliente sanitaria de esta familia son los habituales, por lo que se utilizara como consumo diario 30 litros por persona y día a una temperatura de 60 °C.
- El grado de ocupación de la vivienda será del 100 % durante todo el año.

### 2.1.2. Datos geográficos

La vivienda unifamiliar objeto de estudio, esta situada en la calle del mar tirrena numero 9 en la población de San Adrián de Besós.

- Las coordenadas geográficas 41°25' `` ` N 2°13' `` ` E
- Se encuentra a 10 metros por encima del mar.



**Figura 57.** Situación geográfica san adrián de besós

### **2.1.3. Aislamiento de la casa**

La necesidad de aislar térmicamente la casa unifamiliar esta justificada por cuatro razones fundamentales:

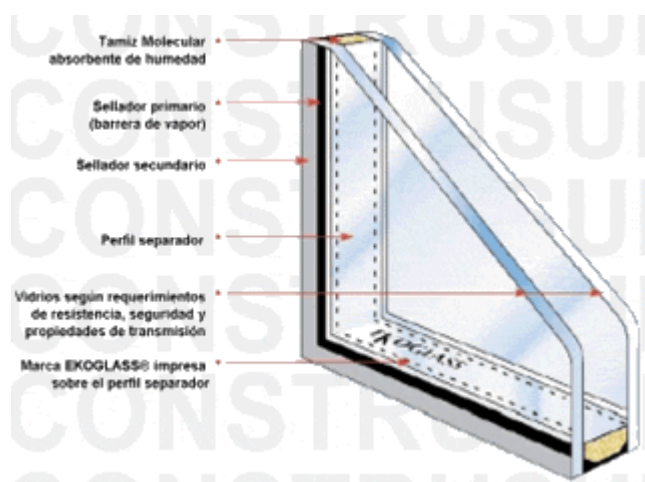
- a) Economizar energía, al reducir las perdidas térmicas por las paredes.
- b) Mejorar el confort térmico, al reducir la diferencia de temperatura de las superficies interiores de las paredes y ambiente interior.
- c) Suprimir los fenómenos de condensación y con ello evitar humedades en los cerramientos
- d) Mejorar el entorno medioambiental, al reducir la emisión de contaminantes asociada a la generación de energía.

#### **2.1.3.1. Aislamiento en las ventanas**

Las ventanas de la vivienda unifamiliar serán de aluminio con cristal de doble aislamiento.

También las diferentes puertas correderas de la casa serán con cristal de doble aislamiento.

En la Figura se puede observar la sección de una ventana con doble cristal.



**Figura 58.** Sección ventana con doble cristal (Fuente: [www.construsur.net](http://www.construsur.net))

Las ventanas, las instalara una empresa especializada en ventanas.

### 2.1.3.2. Fachada y tejado

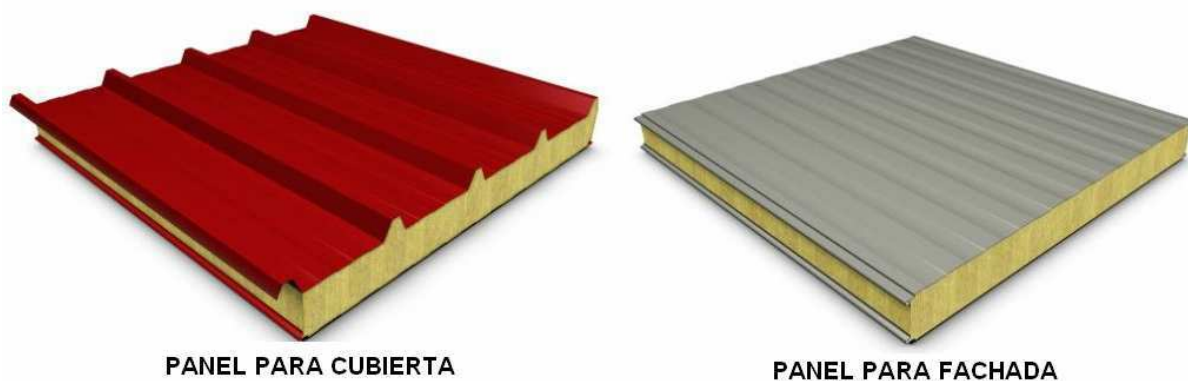
Para el aislamiento de las fachadas y del tejado se ha elegido la lana de roca (lana mineral), por sus características térmicas, ya que esta elaborada a partir de rocas basálticas, obteniéndose un producto de propiedades complementarias a la lana de vidrio. Es un producto especialmente indicado para los aislamientos térmicos.

Las características de la lana de roca son las siguientes:

- a) Aislamiento acústico
- b) Aislamiento térmico
- c) Comportamiento frente al fuego
- d) Resistencia al agua
- e) Químicamente neutra
- f) Protege el medio ambiente

Para la vivienda unifamiliar objeto de este estudio, se utilizarán paneles de lana de roca.

Para la fachada y el tejado utilizaremos paneles de lana de roca. En la Figura podemos ver los dos tipos de paneles de lana de roca.



**Figura 59.** Paneles de lana de roca (Fuente: [www.isover.es](http://www.isover.es))

- Panel para cubierta y fachada

Conductividad térmica: 0,038 W/m<sup>0</sup>·K

Espesor: 120mm

#### *2.1.4. Dimensionamiento de la instalación*

El dimensionado preciso de una instalación solar térmica que da servicio a un edificio de uso colectivo, como un edificio de viviendas, un hotel, un polideportivo o un camping, ofrece un nivel de dificultad elevado, conocimientos técnicos importantes y herramientas informáticas de diseño.

A continuación se presenta una metodología simplificada que permite realizar el dimensionado de pequeñas instalaciones para la producción de ACS en viviendas unifamiliares, colectivos, pequeños centros deportivos, etc.

El dimensionamiento de una instalación se inicia en la evaluación energética del consumo requerido, después se analiza la radiación solar disponible, se aplicarán los rendimientos oportunos y se toman las decisiones en función de criterios de diseño como: la fracción solar, el coste, la autonomía, etc.

#### 2.1.4.1. Instalación de ACS

##### 2.1.4.1.1. Establecimiento del consumo energético de ACS

El primer cálculo lógico en cualquier instalación es evaluar el consumo necesario. En el caso de agua caliente sanitaria, hay que conocer los litros de agua que cada día consumen los usuarios de las viviendas.

En cuanto al agua caliente sanitaria, la evaluación energética del consumo pasa por conocer los litros de agua consumida al día por los usuarios de la vivienda en cuestión a partir de las siguientes opciones:

- **Según Documento Básico de Ahorro de Energía HE4: Contribución solar mínima de Agua Caliente Sanitaria (ACS), del código técnico de edificación (CTE)**

Teniendo en cuenta que la vivienda tiene 3 dormitorios.

**Tabla 41.** Cálculo del número de personas por vivienda. (Fuente: Documento Básico HE-4.)

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	7	más de 7
Número de Personas	1,5	3	4	6	7	8	9	Nº de dormitorios

Según la Tabla, en la vivienda unifamiliar objeto de estudio, estableceremos que el número de personas es de 4 personas.



Para valorar las demandas se tomará los valores unitarios que aparecen en la siguiente Tabla.

**Tabla 42.** Tabla de demanda de referencia de ACS a 60 °C. (Fuente: Documento Básico HE-4.)

Criterio de demanda	Litros ACS/día a 60° C	
Viviendas unifamiliares	30	por persona
Viviendas multifamiliares	22	por persona
Hospitales y clínicas	55	por cama
Hotel ****	70	por cama
Hotel ***	55	por cama
Hotel/Hostal **	40	por cama
Camping	40	por emplazamiento
Hostal/Pensión *	35	por cama
Residencia (ancianos, estudiantes, etc)	55	por cama
Vestuarios/Duchas colectivas	15	por servicio
Escuelas	3	por alumno
Cuarteles	20	por persona
Fábricas y talleres	15	por persona
Administrativos	3	por persona
Gimnasios	20 a 25	por usuario
Lavanderías	3 a 5	por kilo de ropa
Restaurantes	5 a 10	por comida
Cafeterías	1	por almuerzo

Esta tabla se usará siempre y cuando supongamos que la temperatura final en el acumulador es de 60 °C.

Según la Tabla, en la vivienda unifamiliar objeto de estudio, estableceremos que el consumo de agua es de 30 l/persona

Con los datos anteriores calculamos el volumen de ACS de la vivienda unifamiliar, con la siguiente expresión:

$$V = n_{personas} \bullet V_{usuarios}$$

Donde:

$V =$  Volumen total de ACS en la vivienda (l)

$n_{personas} =$  Número total de personas en la vivienda

$V_{usuarios} =$  Volumen diario de consumo ACS por usuario (l)

$$V = n_{personas} \bullet V_{usuarios} = 4 personas \bullet 30l / personas = 120l$$

El volumen de ACS en la vivienda unifamiliar es de 120 litros.

$$V = 120litros / dia$$

- **Según el decreto 21/2006 de 14 de febrero, por el cual se regula la adopción de criterios ambientales y de coeficiencia en los edificios**

Teniendo en cuenta que la vivienda tiene 3 dormitorios.

**Tabla 43.** Cálculo del número de personas por vivienda. (Fuente: Decreto 21/2006, de 14 de febrero).

Nombre d'habitacions	Un únic espai	1 H	2 H	3 H	4 H	5 H	6 H	7 H	igual o més de 8 H	
Nombre de persones	s	1,5	2	3	4	6	7	8	9	1,3 x n

n= nombre d'habitacions

Según la Tabla, en la vivienda unifamiliar objeto de estudio, estableceremos que el numero de personas es de 4 personas.

Para valorar las demandas se tomará los valores unitarios que aparecen en la siguiente Tabla.

**Tabla 44.** Tabla de demanda de referencia de ACS a 60 °C. (Fuente: Decreto 21/2006, de 14 de febrero).

Criteris de demanda	litres ACS/día a 60°C
Habitatges .....	28 litres/persona
Hospitals, clíniques .....	55 litres/persona
Ambulatoris i centres de salut .....	40 litres/persona
Hotels de 5 estrelles .....	70 litres/persona
Hotels de 4 estrelles .....	55 litres/persona
Hotels de 3 estrelles .....	40 litres/persona
Hotels de 1 i 2 estrelles .....	35 litres/persona
Pensions/hostals .....	28 litres/persona
Residències (gent gran, estudiants) .....	40 litres/persona
Albergs .....	25 litres/persona
Centres escolars amb dutxes .....	20 litres/persona
Centres escolars sense dutxes .....	4 litres/persona
Centres de l'Administració pública, bancs i oficines .....	2 litres/persona
Vestuaris/dutxes col·lectives (piscines, poliesportius, gimnasos) .....	20 litres/persona

Esta tabla se usará siempre y cuando supongamos que la temperatura final en el acumulador es de 60 °C.

Según la Tabla, en la vivienda unifamiliar objeto de estudio, estableceremos que el consumo de agua es de 28 l/persona.

Con los datos anteriores calculamos el volumen de ACS de la vivienda unifamiliar, con la siguiente expresión:

$$V = n_{personas} \bullet V_{usuarios}$$

Donde:

$V =$  Volumen total de ACS en la vivienda (l)

$n_{personas} =$  Número total de personas en la vivienda

$V_{usuarios} =$  Volumen diario de consumo ACS por usuario (l)

$$V = n_{personas} \bullet V_{usuarios} = 4 personas \bullet 28l / personas = 112l$$

El volumen de ACS en la vivienda unifamiliar es de 112 litros.

$$V = 112 \text{ litros} / \text{dia}$$

- **Según ordenanza municipal de Sant Adrián del besós**

Se evaluara el consumo de ACS, a la temperatura de 60°C, en función del programa funcional definido en cada caso (habitantes de la vivienda) y de un consumo de 40 litros/persona y día en viviendas unifamiliares.

Según lo que dice la ordenanza municipal, estableceremos que el consumo de agua es de 40 l/persona. Y teniendo en cuenta que la vivienda estará prevista para 3 personas.

Con los datos anteriores calculamos el volumen de ACS de la vivienda unifamiliar, con la siguiente expresión:

$$V = n_{personas} \bullet V_{usuarios}$$

Donde:

$V =$  Volumen total de ACS en la vivienda (l)

$n_{personas} =$  Número total de personas en la vivienda

$V_{usuarios} =$  Volumen diario de consumo ACS por usuario (l)

$$V = n_{personas} \bullet V_{usuarios} = 3personas \bullet 40l / personas = 120l$$

El volumen de ACS en la vivienda unifamiliar es de 120 litros.

$$V = 120litros / dia$$

- **Resumen**

Para nuestra casa, hemos de coger el caso más desfavorable que es el de 120 litros por día.

**Volumen de ACS: 120 litros/día**

### 2.1.4.1.2. Contribución solar mínima de ACS

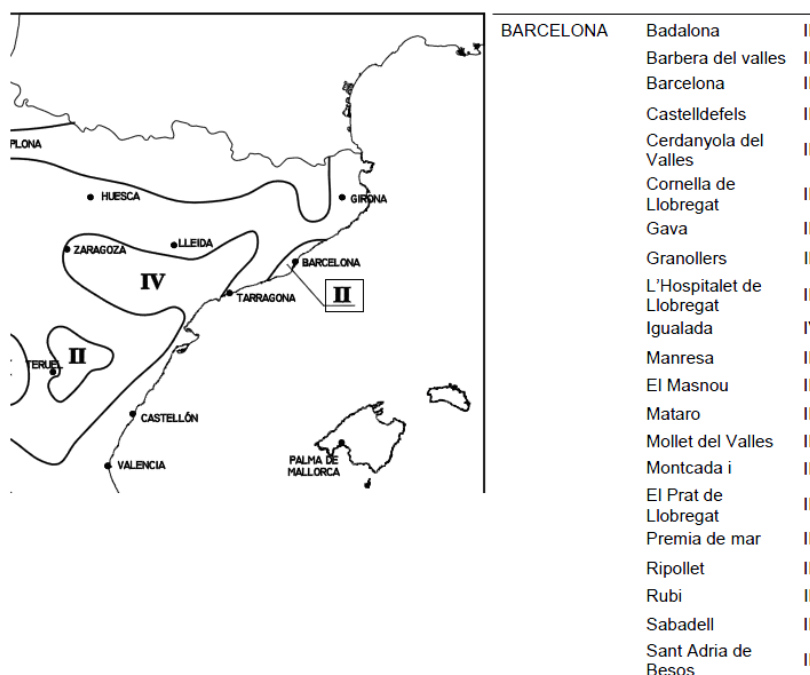
Hay que tener en cuenta la normativa que nos afecta:

- **Según Documento Básico de Ahorro de Energía HE4: Contribución solar mínima de Agua Caliente Sanitaria (ACS), del código técnico de edificación (CTE)**

Debemos tener una contribución solar mínima del 30%, ya que la casa unifamiliar esta en una zona climática II, y tiene una demanda de 50-5000 litros.

**Tabla 45.** Contribución solar mínima, caso general (%) (Fuente: documento básico HE-4).

Demanda total de ACS del edificio (l/d)	Zona climática				
	I	II	III	IV	V
50-5.000	30	30	50	60	70
5.000-6.000	30	30	55	65	70
6.000-7.000	30	35	61	70	70
7.000-8.000	30	45	63	70	70
8.000-9.000	30	52	65	70	70
9.000-10.000	30	55	70	70	70
10.000-12.500	30	65	70	70	70
12.500-15.000	30	70	70	70	70
15.000-17.500	35	70	70	70	70
17.500-20.000	45	70	70	70	70
> 20.000	52	70	70	70	70



**Figura 60.** Zona climática (Fuente: documento básico HE-4).

- **Según el decreto 21/2006 de 14 de febrero, por el cual se regula la adopción de criterios ambientales y de coeficiencia en los edificios**

Debemos tener una contribución solar minima del 50%, ya que la casa unifamiliar esta en una zona climática III, tiene una demanda de 50-5000 litros.

**Tabla 46.** Zonas climáticas de las comarcas de Cataluña (Fuente: Decreto 21/2006, de 14 de febrero).

Comarques	Zona climàtica
Alt Camp .....	IV
Alt Empordà .....	III
Alt Penedès .....	IV
Alt Urgell .....	II
Alta Ribagorça .....	II
Anoia .....	IV
Bages .....	III
Baix Camp .....	IV
Baix Ebre .....	IV
Baix Empordà .....	III
Baix Llobregat .....	IV
Baix Penedès .....	IV
Barcelonès .....	III

**Tabla 47.** Contribución mínima de energía solar en la producción de agua caliente sanitaria según las zonas climáticas (Fuente: Decreto 21/2006, de 14 de febrero).

Demanda total d'aigua calenta sanitàària de l'edifici (litres/dia)	Zones climàtiques (en funció de la irradiació global diària, mitjana anual)		
	II	III	IV
50 a 5.000 litres	40%	50%	60%
5.001 a 6.000 litres	40%	55%	65%
6.001 a 7.000 litres	40%	65%	70%
7.001 a 8.000 litres	45%	65%	70%
8.001 a 9.000 litres	55%	65%	70%
9.001 a 10.000 litres	55%	70%	70%
10.001 a 12.500 litres	65%	70%	70%
> 12.500 litres	70%	70%	70%

- **Según ordenanza municipal de Sant Adrián del besós**

Debemos tener una contribución solar minima del 50%.

- **Resumen**

Para nuestra casa, hemos de coger el caso más desfavorable que es el de 50%.

**Contribución solar minima: 50%**

### 2.1.4.1.3. Energía necesaria de ACS

Una vez se ha establecido el volumen de agua que consumirán los usuarios de la instalación, hay que encontrar la energía que se tiene que aportar para conseguir aumentar la temperatura del agua de red hasta los 60 °C de servicio.

Para hacer este calculo, primero calcularemos el salto térmico entre el agua de red y el agua de servicio mediante la siguiente expresión:

$$\Delta t = t_{\text{servicio}} - t_{\text{red}}$$

Donde:

$\Delta t$  = Salto térmico (°C)

$t_{\text{servicio}}$  = Temperatura del agua de consumo. Habitualmente usaremos los 60 °C

$t_{\text{red}}$  = Temperatura a la que llega el agua fría de consumo de la red de distribución. Este valor lo puede suministrar la compañía local y, si no se dispone de ningún dato local, se utiliza la siguiente tabla de temperaturas medias mensuales provinciales.

**Tabla 48.** Temperatura media mensual del agua fría de la red en las provincias de Barcelona (°C) (Fuente: Cuaderno practico para el instalador).

BARCELONA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
tred	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8

**Tabla 49.** Salto térmico  $\Delta t$  (°C).

BARCELONA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
tred	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8
t servicio=60°C												
$\Delta t$	52	51	49	47	46	45	44	45	46	47	49	52

Una vez conocemos el volumen diario de agua a calentar y el salto térmico necesario, calcularemos la energía necesaria mediante la siguiente expresión:

$$Q = V \cdot \delta \cdot C_e \cdot \Delta t$$

Donde:

$Q$  = Cantidad de calor necesaria (Kcal)

$V$  = Volumen total de ACS en la vivienda (l) = 120 l

$\delta$  = Densidad del agua (kg/l) = 1 kg/l

$C_e$  = Calor específico del agua (kcal/kg °C) = 1 kcal/kg °C

$\Delta t$  = Salto térmico (°C)

La cantidad de calor necesaria es muy importante en el cálculo, ya que se trata del dato de partida, es decir, del resultado que queremos obtener en la instalación.

Así a partir de las anteriores fórmulas y datos obtenemos los siguientes valores:

**Tabla 50.** Energía necesaria  $Q$  (Kcal /día).

<b>BARCELONA</b>	<b>Ene</b>	<b>Feb</b>	<b>Mar</b>	<b>Abr</b>	<b>May</b>	<b>Jun</b>	<b>Jul</b>	<b>Ago</b>	<b>Sep</b>	<b>Oct</b>	<b>Nov</b>	<b>Dic</b>
<b>Vol. ACS=120 litros tred</b>	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8
<b>tservico=60°C</b>												
<b><math>\Delta t</math></b>	52	51	49	47	46	45	44	45	46	47	49	52
<b>Energía</b>												
<b>Kcal/día</b>	6240	6120	5880	5640	5520	5400	5280	5400	5520	5640	5880	6240
<b>MJ/día</b>	26,11	25,61	24,60	23,60	23,10	22,59	22,09	22,59	23,10	23,60	24,60	26,11
<b>kWh/día</b>	7,25	7,11	6,83	6,55	6,42	6,28	6,14	6,28	6,42	6,55	6,83	7,25

Teniendo en cuenta 1 kcal = 0.004184 MJ y 1 MJ = 1/36 kWh, representado la demanda energética en MJ/mes en función del mes, así como la media anual.

Ahora para determinar la demanda energética de ACS mensual hay que tener en cuenta que se ha de multiplicar la energía necesaria en MJ/día por el número de días de cada mes y obtendremos el consumo mensual.



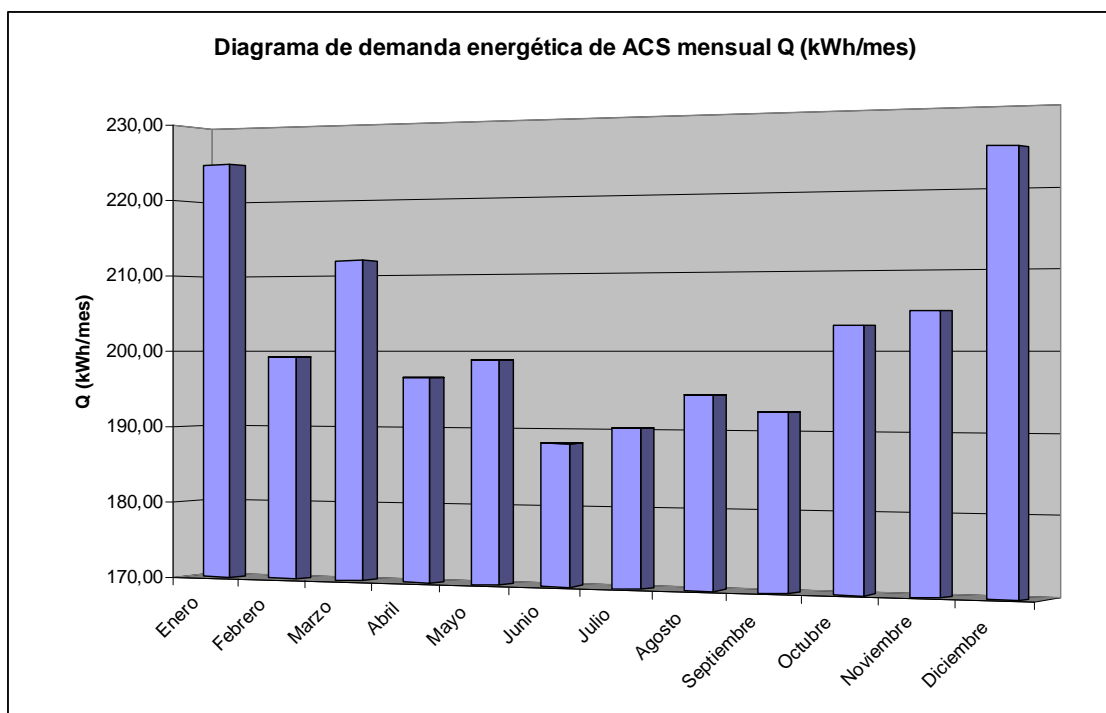
**Tabla 51.** Demanda energética de ACS mensual.

Barcelona	Días/mes	Q <sub>m</sub> (kWh/día)	Q <sub>m</sub> (kWh/mes)
<b>Enero</b>	31	7,25	224,82
<b>Febrero</b>	28	7,11	199,16
<b>Marzo</b>	31	6,83	211,85
<b>Abril</b>	30	6,55	196,65
<b>Mayo</b>	31	6,42	198,88
<b>Junio</b>	30	6,28	188,28
<b>Julio</b>	31	6,14	190,23
<b>Agosto</b>	31	6,28	194,56
<b>Septiembre</b>	30	6,42	192,46
<b>Octubre</b>	31	6,55	203,20
<b>Noviembre</b>	30	6,83	205,02
<b>Diciembre</b>	31	7,25	224,82
<b>Total</b>			<b>2429,93</b>

La demanda de energía anual de ACS es de 2429,93kWh

**Demanda de energía anual: 2429,93kWh**

En el siguiente diagrama se puede detallar mejor la demanda de energía de cada mes.



**Figura 61.** Diagrama demanda de energía de ACS mensual Q(KWh/mes).

#### 2.1.4.1.4. Evaluación de la energía solar disponible para ACS

##### 2.1.4.1.4.1. Energía disponible

Una vez realizado los cálculos de necesidades energéticas de la instalación, es necesario conocer la cantidad de energía solar que el sol nos aporta, para poder conocer la cobertura solar generada frente a nuestra demanda de energía.

La energía disponible en un emplazamiento determinado se puede evaluar a partir de medidas de radiación en el lugar de la instalación, evaluando la radiación a partir de otras instalaciones próximas, haciendo valores estadísticos basados en medidas de estaciones meteorológicas.

Los datos de radiación que utilizare, son los del atlas de radiación solar en Cataluña, editado por el instituto catalán de energía del departamento de trabajo, industria, comercio y turismo.

El atlas de radiación solar de Cataluña ofrece datos de irradiación solar global diaria sobre superficies inclinadas y con diferentes orientaciones, en nuestro caso tendremos en cuenta los datos para **azimut 0**.

En la siguiente tabla podemos observar los datos para **azimut 0**.

**Tabla 51.** Radiación solar global diaria sobre superficies inclinadas (MJ/m<sup>2</sup>/día) de Barcelona para azimut 0 (Fuente: Atlas de radiación solar en cataluña; ICAEN, 2000).

Orientació: 0°													
Inclinació	Gen	Feb	Mar	Abr	Maí	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des	Anual
0°	6,80	9,65	13,88	18,54	22,25	24,03	23,37	20,42	16,05	11,40	7,73	6,04	15,04
5°	7,70	10,56	14,72	19,15	22,58	24,21	23,63	20,93	16,85	12,32	8,66	6,94	15,71
10°	8,56	11,41	15,47	19,67	22,78	24,25	23,74	21,31	17,54	13,17	9,55	7,80	16,29
15°	9,37	12,19	16,14	20,07	22,84	24,13	23,70	21,59	18,13	13,95	10,38	8,61	16,78
20°	10,12	12,90	16,70	20,35	22,76	23,87	23,52	21,76	18,61	14,63	11,15	9,37	17,17
25°	10,81	13,52	17,17	20,51	22,60	23,48	23,24	21,80	18,98	15,23	11,85	10,07	17,46
30°	11,43	14,07	17,52	20,54	22,32	23,02	22,86	21,71	19,23	15,73	12,47	10,71	17,65
35°	11,97	14,52	17,77	20,45	21,90	22,43	22,34	21,48	19,36	16,13	13,01	11,28	17,73
40°	12,44	14,88	17,91	20,23	21,35	21,70	21,69	21,12	19,37	16,43	13,47	11,77	17,71
45°	12,83	15,15	17,94	19,89	20,67	20,84	20,90	20,63	19,26	16,63	13,85	12,19	17,58
50°	13,14	15,32	17,86	19,43	19,87	19,86	20,00	20,02	19,03	16,72	14,13	12,53	17,33
55°	13,36	15,40	17,67	18,85	18,95	18,77	18,97	19,29	18,68	16,71	14,32	12,78	16,98
60°	13,49	15,37	17,36	18,16	17,92	17,60	17,84	18,44	18,22	16,59	14,42	12,95	16,53
65°	13,53	15,25	16,95	17,36	16,83	16,41	16,71	17,48	17,65	16,36	14,42	13,04	16,00
70°	13,49	15,03	16,44	16,46	15,70	15,14	15,48	16,43	16,97	16,03	14,33	13,03	15,38
75°	13,35	14,72	15,83	15,47	14,48	13,78	14,18	15,35	16,19	15,60	14,14	12,94	14,67
80°	13,13	14,31	15,12	14,41	13,18	12,36	12,80	14,17	15,31	15,08	13,86	12,77	13,87
85°	12,82	13,81	14,32	13,29	11,82	10,93	11,35	12,93	14,34	14,45	13,50	12,51	13,00
90°	12,43	13,23	13,44	12,11	10,41	9,57	9,99	11,62	13,30	13,74	13,04	12,16	12,08

A partir de esta tabla, observamos 2 datos que hay que tener en cuenta a la hora de escoger el valor de radiación correcto.

### **1. La inclinación de los captadores.**

Para escoger la inclinación óptima seguiremos los criterios siguientes en función de la estación del año de máxima utilización de la instalación:

**La instalación de uso de verano:** Inclinación de los captadores= [Longitud del lugar - 10°] en Cataluña esto supone 30° - 35°.

**La instalación de uso de invierno:** Inclinación de los captadores= [Longitud del lugar + 10°] en Cataluña esto supone 50° - 55°.

**La instalación de uso continuo:** Inclinación de los captadores= [Longitud del lugar + 10°] en Cataluña esto supone 50° - 55°. Los captadores se montaran con inclinación similar a los del invierno porque es la época más desfavorable dada la baja radiación solar disponible.

Nuestra vivienda esta situada a una longitud aproximada de 41°, y como la instalación será de uso continuado se sumaran 10°. Por lo tanto:

**Inclinación de los captadores:  $41^{\circ} + 10^{\circ} = 51^{\circ} \rightarrow 50^{\circ}$**

### **2. El mes del año.**

En las tablas aparecen datos de radiación del día medio de cada uno de los 12 meses del año. Por lo tanto, la mejor opción es hacer un cálculo de necesidades y de superficie de captadores para cada uno de los meses y después elegir la superficie más interesante a efectos técnicos y económicos.

Hay que tener en cuenta que la radiación solar que hay en las tablas corresponde a medidas realizadas con aparatos de precisión. La instalación solar no puede aprovechar el 100% de esta radiación, ya que el vidrio de la cubierta del captador plano tiene un índice de reflexión de la radiación en función del ángulo de incidencia. Este efecto hace que la radiación solar de primeras y últimas horas del día sea reflejada casi totalmente ya que la intensidad de radiación es muy baja (inferior a 200 W/m<sup>2</sup>). La mayoría de los procesos de cálculo han establecido en un 6% el valor medio de radiación no aprovechable por los captadores solares a causa de este efecto.

### 2.1.4.1.4.2. Radiación solar efectiva

Por lo tanto, la radiación solar efectiva es:

$$R_{efectiva} = 0,94 \cdot R_{diaria} \cdot d$$

Donde:

$R_{efectiva}$  : Radiación efectiva (MJ/m<sup>2</sup>mes)

0,94: Factor de conversión para eliminar el 6% residual

$R_{diaria}$  : Radiación solar global diaria sobre superficies inclinadas (MJ/m<sup>2</sup>día)

$d$  : Días de cada mes

A partir de la tabla obtenemos los valores de radiación a 50° de inclinación a Azimut 0. Y aplicando la reducción del 6% sobre la radiación global correspondiente a las horas del día (salida y puesta del sol) con valores de radiación inferiores a los mínimos aprovechable por los captadores obtenemos los valores siguientes:

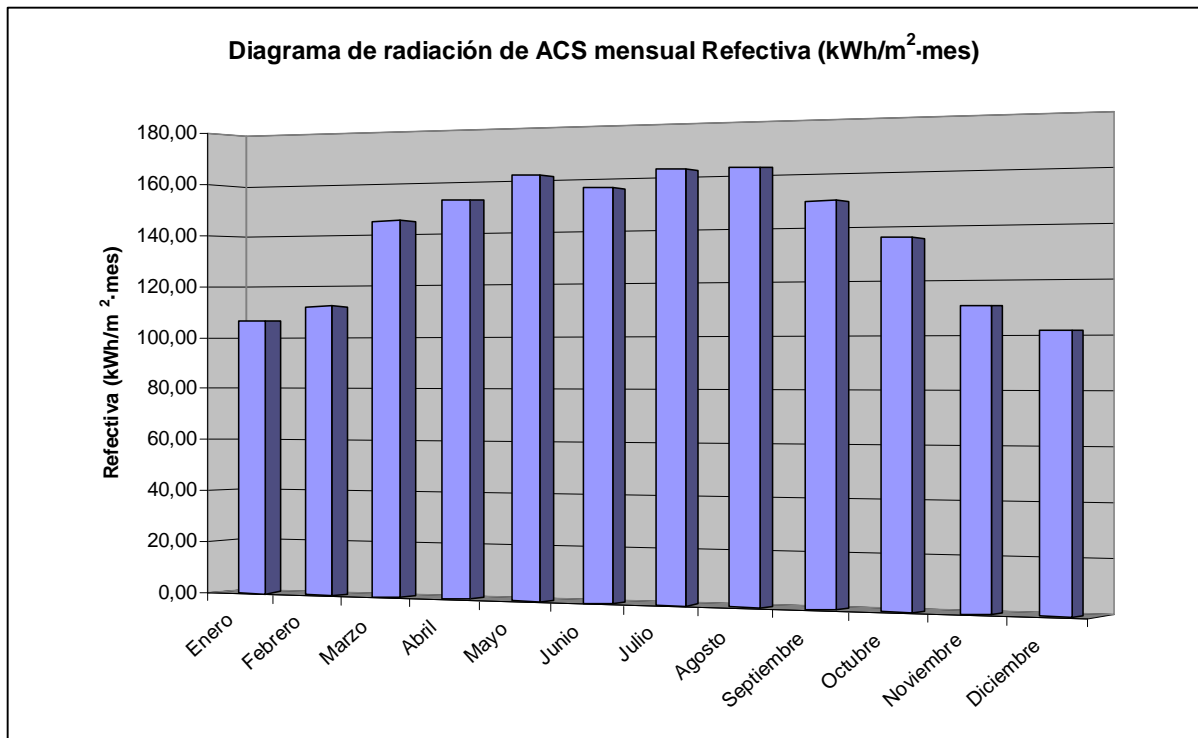
**Tabla 52.** Radiación solar global diaria sobre superficies inclinadas (MJ/m<sup>2</sup>/día) de Barcelona para azimut 0 (Fuente: Atlas de radiación solar en cataluña; ICAEN, 2000).

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>Rdiaria (MJ/m<sup>2</sup>día)</b>	13,14	15,32	17,86	19,43	19,87	19,86	20	20,02	19,03	16,72	14,13	12,53
<b>Rdiaria (kWh/m<sup>2</sup>día)</b>	3,65	4,26	4,96	5,40	5,52	5,52	5,56	5,56	5,29	4,64	3,93	3,48

**Tabla 53.** Variación de la radiación.

Mes	0,94	Rdiaria (MJ/m <sup>2</sup> día)	Días	Refectiva(MJ/m <sup>2</sup> mes)	Refectiva(kWh/m <sup>2</sup> mes)
<b>Enero</b>	0,94	13,14	31	382,90	106,36
<b>Febrero</b>	0,94	15,32	28	403,22	112,01
<b>Marzo</b>	0,94	17,86	31	520,44	144,57
<b>Abril</b>	0,94	19,43	30	547,93	152,20
<b>Mayo</b>	0,94	19,87	31	579,01	160,84
<b>Junio</b>	0,94	19,86	30	560,05	155,57
<b>Julio</b>	0,94	20,00	31	582,80	161,89
<b>Agosto</b>	0,94	20,02	31	583,38	162,05
<b>Septiembre</b>	0,94	19,03	30	536,65	149,07
<b>Octubre</b>	0,94	16,72	31	487,22	135,34
<b>Noviembre</b>	0,94	14,13	30	398,47	110,69
<b>Diciembre</b>	0,94	12,53	31	365,12	101,42

En la siguiente grafica podemos apreciar mejor la variación de la radiación a lo largo del año:



**Figura 62.** Diagrama de radiación de ACS mensual Refectiva( $\text{kWh/m}^2 \cdot \text{mes}$ ).

#### *2.1.4.1.5. Cálculo de la energía aprovechada por el captador de ACS*

De la energía que contiene la radiación neta o aprovechable en un emplazamiento del equipo solar sólo aprovecha una parte. Esta fracción está determinada por el rendimiento y se debe principalmente a las características del captador y las pérdidas de calor en los elementos que forman el circuito.

Del total de radiación que llega al captador, una parte es perdida por reflexión y absorción en el cristal de la cubierta y el resto es captada. La energía captada por el absorbedor produce el calentamiento y por lo tanto una parte de esta energía es reemitida hacia el ambiente en forma de radiación.

La proporción de radiación aprovechada por el captador respecto de la radiación aprovechable queda definida por el rendimiento del captador.

El rendimiento del captador no es un valor fijo, ya que depende de factores que varían durante su funcionamiento: la temperatura media del captador, la temperatura ambiente y la intensidad de radiación solar.

### 2.1.4.1.5.1. Intensidad de radiación media durante las horas de sol

La intensidad de radiación media durante las horas de sol, se calcula dividiendo la radiación solar global diaria entre la cantidad de horas de sol diarias:

$$I = \frac{1000 \cdot R_{efectiva}}{d \cdot h}$$

Donde:

$I$ : Intensidad de radiación media durante las horas de sol (W/m<sup>2</sup>).

$R_{efectiva}$ : Radiación efectiva

$d$ : Días del mes

$h$ : Horas de luz solar

**Tabla 54.** Horas de luz solar en Cataluña (Fuente: Instituto catalán de meteorología).

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
h	7,5	8	9	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9	9	8	7

**Tabla 55.** Intensidad de radiación media durante las horas de sol.

Mes	1000	Refectiva(kWh/m <sup>2</sup> mes)	d	h	I (W/m <sup>2</sup> )
<b>Enero</b>	1000	106,36	31	7,50	457,47
<b>Febrero</b>	1000	112,01	28	8,00	500,03
<b>Marzo</b>	1000	144,57	31	9,00	518,16
<b>Abril</b>	1000	152,20	30	9,50	534,04
<b>Mayo</b>	1000	160,84	31	9,50	546,13
<b>Junio</b>	1000	155,57	30	9,50	545,86
<b>Julio</b>	1000	161,89	31	9,50	549,71
<b>Agosto</b>	1000	162,05	31	9,50	550,26
<b>Septiembre</b>	1000	149,07	30	9,00	552,10
<b>Octubre</b>	1000	135,34	31	9,00	485,09
<b>Noviembre</b>	1000	110,69	30	8,00	461,19
<b>Diciembre</b>	1000	101,42	31	7,00	467,39

### 2.1.4.1.5.2. Rendimiento del captador

Habitualmente, para calcular el rendimiento se utiliza una expresión matemática:

$$\eta = \eta_0 - \alpha_{1A} \cdot \left( \frac{t_m - t_a}{I} \right) - \alpha_{2A} \cdot I \cdot \left( \frac{t_m - t_a}{I} \right)^2$$

Donde:

$\eta$ : Rendimiento medio anual del captador (%)

$\eta_0$ : Rendimiento óptico (72%)

$\alpha_{1A}$ : Coeficiente de pérdida (4,3 W/m<sup>2</sup>·K)

$\alpha_{2A}$ : Coeficiente de pérdida (0,01 W/m<sup>2</sup>·K<sup>2</sup>)

$t_m$ : Temperatura media del captador, generalmente se escoge el mismo valor que el fijado para el agua de consumo 60°C (°C).

$t_a$ : Temperatura ambiente media diurna, durante las horas de sol (°C).

**Tabla 56.** Temperatura ambiente media de Barcelona (Fuente: Instituto catalán de meteorología).

Barcelona	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Ta (°C)	11	12	14	17	20	24	26	26	24	20	16	12
Ta (°K)	284	285	287	290	293	297	299	299	297	293	289	285

**Tabla 57.** Rendimiento medio anual del captador.

Mes	$\eta_0$ (%)	$\alpha_{1A}$ (W/m <sup>2</sup> ·K)	$\alpha_{2A}$ (W/m <sup>2</sup> ·K <sup>2</sup> )	$t_m$ (°C)	$t_a$ (°C)	I (W/m <sup>2</sup> )	$\eta$
Enero	0,72	4,3	0,01	60	11	457,47	20,69%
Febrero	0,72	4,3	0,01	60	12	500,03	26,11%
Marzo	0,72	4,3	0,01	60	14	518,16	29,74%
Abril	0,72	4,3	0,01	60	17	534,04	33,91%
Mayo	0,72	4,3	0,01	60	20	546,13	37,58%
Junio	0,72	4,3	0,01	60	24	545,86	41,27%
Julio	0,72	4,3	0,01	60	26	549,71	43,30%
Agosto	0,72	4,3	0,01	60	26	550,26	43,33%
Septiembre	0,72	4,3	0,01	60	24	552,10	41,61%
Octubre	0,72	4,3	0,01	60	20	485,09	33,24%
Noviembre	0,72	4,3	0,01	60	16	461,19	26,78%
Diciembre	0,72	4,3	0,01	60	12	467,39	22,91%
<b>Anual</b>							<b>33,37%</b>



Los valores de rendimiento del captador se han expresado en tanto por uno, multiplicando por 100 obtenemos valores porcentuales.

**Rendimiento medio anual del captador: 33,37%**

### 2.1.4.1.5.3. Radiación aprovechada por el captador

Para el cálculo de la radiación aprovechada por el captador utilizaremos la siguiente expresión:

$$R_{\text{captador}} = \eta \cdot R_{\text{efectiva}}$$

Donde:

$R_{\text{captador}}$  : Radiación aprovechada por el captador (kWh/m<sup>2</sup>mes)

$R_{\text{efectiva}}$  : Radiación efectiva (kWh/m<sup>2</sup>mes)

$\eta$  : Rendimiento medio anual del captador (%)

**Tabla 58.** Radiación aprovechada por el captador

Mes	$\eta$	Refectiva(kWh/m <sup>2</sup> mes)	Rcaptador (kWh/m <sup>2</sup> mes)
<b>Enero</b>	0,21	106,36	22,01
<b>Febrero</b>	0,26	112,01	29,25
<b>Marzo</b>	0,30	144,57	43,00
<b>Abril</b>	0,34	152,20	51,62
<b>Mayo</b>	0,38	160,84	60,44
<b>Junio</b>	0,41	155,57	64,20
<b>Julio</b>	0,43	161,89	70,10
<b>Agosto</b>	0,43	162,05	70,22
<b>Septiembre</b>	0,42	149,07	62,03
<b>Octubre</b>	0,33	135,34	44,99
<b>Noviembre</b>	0,27	110,69	29,64
<b>Diciembre</b>	0,23	101,42	23,24

#### *2.1.4.1.6. Dimensionamiento de la superficie de captación requerida para cubrir las necesidades de ACS*

##### *2.1.4.1.6.1. Energía aprovechada por el sistema*

Del total de radiación que puede absorber el captador sólo una parte es aprovechada por el usuario en forma de ACS, el resto se pierde en forma de calor residual a través de las paredes del acumulador, las tuberías, las válvulas y la resto de accesorios del circuito.

Evaluar con exactitud estas pérdidas es muy complicado, porque dependen de la temperatura del fluido, ACS en el secundario y fluido caloportador en el primario, así como de la temperatura ambiente, la calidad y el espesor de los aislamientos y su colocación, etc .

Empíricamente se ha establecido un valor de pérdidas generales del sistema que se corresponde bastante con la realidad de las instalaciones en funcionamiento y que es del 10% al 15% de la energía obtenida en el captador.

**Factor de pérdida considerado: 0,85**

Este parámetro nos obligó a hacer una última operación para encontrar la energía aprovechada por el sistema aplicando la reducción correspondiente:

$$Q_a = F_{perdidas} \bullet R_{captador}$$

Donde:

$Q_a$  :Energía aprovechada por el sistema (kWh/m<sup>2</sup>mes)

$F_{perdidas}$  :Factor de perdidas considerado (0,85)

$R_{captador}$  : Radiación aprovechada por el captador (kWh/m<sup>2</sup>mes)

En la siguiente tabla podemos ver la energía aprovechada por sistema.

**Tabla 59.** Energía aprovechada por el sistema.

<b>Mes</b>	<b>F<sub>perdidas</sub></b>	<b>Rcaptador (kWh/m<sup>2</sup>mes)</b>	<b>Q<sub>a</sub>(kWh/m<sup>2</sup>mes)</b>
<b>Enero</b>	0,85	22,01	18,71
<b>Febrero</b>	0,85	29,25	24,86
<b>Marzo</b>	0,85	43,00	36,55
<b>Abril</b>	0,85	51,62	43,88
<b>Mayo</b>	0,85	60,44	51,37
<b>Junio</b>	0,85	64,20	54,57
<b>Julio</b>	0,85	70,10	59,58
<b>Agosto</b>	0,85	70,22	59,68
<b>Septiembre</b>	0,85	62,03	52,73
<b>Octubre</b>	0,85	44,99	38,24
<b>Noviembre</b>	0,85	29,64	25,19
<b>Diciembre</b>	0,85	23,24	19,75
<b>Media anual</b>	0,85	47,56	40,43

#### 2.1.4.1.6.2. Cálculo de la superficie de captación

La superficie de captación para cubrir la totalidad de la demanda mensual prevista se limita a la realización de un simple cociente y multiplicar el resultado por la contribución solar mínima de la instalación.

$$S_{\text{captación}} = C_{\text{solar}} \cdot \left( \frac{Q_m}{Q_a} \right)$$

Donde:

$S_{\text{captación}}$  : Superficie de captación necesaria (m<sup>2</sup>)

$C_{\text{solar}}$  : Contribución solar mínima (50%)

$Q_m$  : Energía total de la instalación (energía de consumo) (kWh/mes)

$Q_a$  : Energía aprovechada por el sistema (kWh/m<sup>2</sup>mes)

**Tabla 59.** Superficie de captación necesaria.

Mes	C <sub>solar</sub>	Q <sub>m</sub> (kWh/mes)	Q <sub>a</sub> (kWh/m <sup>2</sup> mes)	S <sub>captación</sub> (m <sup>2</sup> )
<b>Enero</b>	0,5	224,82	18,71	6,01
<b>Febrero</b>	0,5	199,16	24,86	4,01
<b>Marzo</b>	0,5	211,85	36,55	2,90
<b>Abril</b>	0,5	196,65	43,88	2,24
<b>Mayo</b>	0,5	198,88	51,37	1,94
<b>Junio</b>	0,5	188,28	54,57	1,73
<b>Julio</b>	0,5	190,23	59,58	1,60
<b>Agosto</b>	0,5	194,56	59,68	1,63
<b>Septiembre</b>	0,5	192,46	52,73	1,83
<b>Octubre</b>	0,5	203,20	38,24	2,66
<b>Noviembre</b>	0,5	205,02	25,19	4,07
<b>Diciembre</b>	0,5	224,82	19,75	5,69

## 2.1.4.1.7. Numero de captadores a instalar para ACS

$$N^{\circ}_{\text{captadores}} = \frac{S_{\text{captación}}}{S_{\text{captador}}}$$

Donde:

$N^{\circ}_{\text{captadores}}$  : Numero de captadores a instalar

$S_{\text{captación}}$  : Superficie de captación necesaria (m<sup>2</sup>)

$S_{\text{captador}}$  : Superficie del captador (m<sup>2</sup>)

**Tabla 59.** Numero de captadores a instalar.

Mes	$S_{\text{captación}} \text{ (m}^2\text{)}$	$S_{\text{captador}} \text{ (m}^2\text{)}$	$N^{\circ}_{\text{captadores}}$	$N^{\circ}_{\text{captadores}}$
<b>Enero</b>	6,01	2,63	2,28	3
<b>Febrero</b>	4,01	2,63	1,52	2
<b>Marzo</b>	2,90	2,63	1,10	2
<b>Abril</b>	2,24	2,63	0,85	1
<b>Mayo</b>	1,94	2,63	0,74	1
<b>Junio</b>	1,73	2,63	0,66	1
<b>Julio</b>	1,60	2,63	0,61	1
<b>Agosto</b>	1,63	2,63	0,62	1
<b>Septiembre</b>	1,83	2,63	0,69	1
<b>Octubre</b>	2,66	2,63	1,01	2
<b>Noviembre</b>	4,07	2,63	1,55	2
<b>Diciembre</b>	5,69	2,63	2,16	3

Cogemos le caso mas desfavorable para nuestra casa unifamiliar, en este caso cogemos 3 captadores.

**Numero de captadores para ACS: 3 captadores**

#### *2.1.4.1.8. Elección del volumen de acumulación de ACS*

##### *2.1.4.1.8.1. Elección del interacumulador de ACS*

A partir de la superficie de captadores a montar en una instalación podemos elegir el volumen óptimo de acumulación. Si no existe una relación adecuada encontraremos temperaturas de acumulación no deseadas (demasiado bajas para acumuladores grandes y demasiado elevadas para acumuladores pequeños).

Teniendo en cuenta que:

**Volumen de ACS: 120 litros/día**

Debemos coger un interacumulador mas grande de 120 litros, ya que de este tamaño no fabrican, cogeremos un interacumulador de 150 litro, es medida si que se fabrica.

**Interacumulador de ACS: 150 litros**

Una vez definido el volumen del acumulador, comprobar que no se aleja de la recomendación que hace el Documento Básico de Ahorro de Energía HE4: Contribución solar mínima de Agua Caliente Sanitaria (**ACS**) Apartado 3.3.3.1, del código técnico de edificación (**CTE**).

#### 2.1.4.1.8.2. Verificación del margen de superficie de captación

Teniendo en cuenta el Documento Básico de Ahorro de Energía HE4: Contribución solar mínima de Agua Caliente Sanitaria (**ACS**) Apartado 3.3.3.1, del código técnico de edificación (**CTE**), nos dice que para la aplicación de ACS, el área total de los captadores tendrá un valor tal que se cumpla la condición:

$$50 < \frac{V}{A} < 180$$

V :Volumen del depósito de acumulación solar (litros)

A :La suma de las áreas de los captadores (m<sup>2</sup>)

Por este motivo se ha de recalcular el numero de placa.

El volumen de ACS en la vivienda unifamiliar es de 120 litros, ya que no existen interacumuladores para este volumen, cogeremos un interacumulador de 150 litros.

#### **Interacumulador para ACS: 150 Litros**

El área de los captadores, la calcularemos con la siguiente formula:

$$A = N^{\circ}_{captadores} \bullet S_{captador}$$

Donde:

A : La suma de las áreas de los captadores (m<sup>2</sup>)

$N^{\circ}_{captadores}$  :Numero de captadores a instalar

$S_{captador}$  :Superficie útil del captador (m<sup>2</sup>)

$$A = N^{\circ}_{captadores} \bullet S_{captador} = 3 \bullet 2,63 = 7,89m^2$$

Teniendo en cuenta los datos anteriores, comprobamos si cumple con la normativa.



$$\frac{V}{A} = \frac{150}{7,89} = 19,01$$

$$50 < 19,01 < 180$$

Podemos observar que no se cumple la normativa. Por este motivo, debemos de corregir esto.

La forma de corregir esto es aumentando el volumen del interacumulador a 300 litros.

**Interacumulador para ACS: 300 Litros**

$$\frac{V}{A} = \frac{300}{7,89} = 51$$

$$50 < 51 < 180$$

Ahora si que conseguimos cumplir con la normativa.

### 2.1.4.1.9. Tabla resumen de ACS

En la siguiente tabla podemos observar un resumen de los pasos a seguir para el cálculo de los captadores de ACS en la instalación.

**Tabla 60.** Resumen de la instalación de ACS.

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>Vol. ACS</b>	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120	120
<b>tred</b>	8	9	11	13	14	15	16	15	14	13	11	8
<b>tservicio</b>	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	60	V
<b>Δt</b>	52	51	49	47	46	45	44	45	46	47	49	52
<b>Energía de consumo (Kcal/día)</b>	6240	6120	5880	5640	5520	5400	5280	5400	5520	5640	5880	6240
<b>Energía de consumo (MJ/día)</b>	26,11	25,61	24,60	23,60	23,10	22,59	22,09	22,59	23,10	23,60	24,60	26,11
<b>Energía de Consumo (kWh/día)</b>	7,25	7,11	6,83	6,55	6,42	6,28	6,14	6,28	6,42	6,55	6,83	7,25
<b>Radiación a 50° (MJ/m²·día)</b>	13,14	15,32	17,86	19,43	19,87	19,86	20	20,02	19,03	16,72	14,13	12,53
<b>Radiación a 50° (kWh/m²·día)</b>	3,65	4,26	4,96	5,40	5,52	5,52	5,56	5,56	5,29	4,64	3,93	3,48
<b>Radiación Efectiva (MJ/m²·día)</b>	13,14	15,32	17,86	19,43	19,87	19,86	20,00	20,02	19,03	16,72	14,13	12,53
<b>Radiación efectiva (kWh/m²·mes)</b>	106,36	112,01	144,57	152,20	160,84	155,57	161,89	162,05	149,07	135,34	110,69	101,42
<b>Horas de sol día (h)</b>	7,5	8	9	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9	9	8	7
<b>Intensidad de radiación (W/m²)</b>	457,47	500,03	518,16	534,04	546,13	545,86	549,71	550,26	552,10	485,09	461,19	467,39
<b>Temperatura media (°C)</b>	11	12	14	17	20	24	26	26	24	20	16	12
<b>Rendimiento del captador (%)</b>	20,69	26,11	29,74	33,91	37,58	41,27	43,30	43,33	41,61	33,24	26,78	22,91
<b>Rendimiento aprovechado por el captador (%)</b>	22,01	29,25	43,00	51,62	60,44	64,20	70,10	70,22	62,03	44,99	29,64	23,24
<b>Radiación aprovechada por el sistema (kWh/m²·mes)</b>	18,71	24,86	36,55	43,88	51,37	54,57	59,58	59,68	52,73	38,24	25,19	19,75
<b>Superficie de captación (m²)</b>	6,01	4,01	2,90	2,24	1,94	1,73	1,60	1,63	1,83	2,66	4,07	5,69
<b>Resultados finales</b>												
<b>Numero de captadores</b>	3											
<b>Interacumulador</b>	300 litros											

#### *2.1.4.2. Instalación de calefacción*

##### *2.1.4.2.1. Establecimiento del consumo energético para calefacción*

Al no haber normativa al respecto, tomaremos los mismos valores que hemos utilizado con el establecimiento del consumo energético de ACS

**Volumen de ACS: 120 litros/día**

##### *2.1.4.2.2. Contribución solar mínima de ACS*

Al no haber normativa al respecto, tomaremos los mismos valores que hemos utilizado con la contribución solar mínima de ACS

**Contribución solar mínima: 50%**

### 2.1.4.2.3. Energía necesaria de calefacción

#### 2.1.4.2.3.1. Calefacción ideal

Para definir la demanda energética para la calefacción de la vivienda unifamiliar, lo haremos en base a la recomendación y tablas aportadas por del Instituto Catalán de la Energía.

Para saber la cantidad de energía que se necesita para calentar y mantener caliente la vivienda, lo primero que se debe de conocer es la cantidad de aire que se tiene que calentar. Para obtener este dato utilizaremos la siguiente formula:

$$m = \frac{P \cdot V \cdot PM}{R \cdot T}$$

Donde:

$m$  = Masa de aire a calentar (kg)

$P$  = Presión atmosférica (atm) = 1 atm

$V$  = Volumen de aire a calentar (m<sup>3</sup>)

$PM$  = Peso molecular del aire (kg/Kmol) = 28,96 kg/Kmol

$R$  = Constante universal de los gases (atm·m<sup>3</sup>/K·kmol) = 0,0820562 atm·m<sup>3</sup>/K·kmol

$T$  = Temperatura a la que se encuentra el aire a calentar (°K)

Como temperatura cogeremos la media mensual de varios años. El Servicio Meteorológico de Cataluña gestiona una estación meteorológica en el término municipal de Barcelona. Esta estación pertenece a la Red de Estaciones Meteorológicas Autonómicas (XEMA), integrada en la Red de Equipamientos Meteorológicos de la Generalidad de Cataluña (Xemec). Se encuentra en las coordenadas (X-UTM: 484094m) y (Y-UTM: 4645571 m) y forma parte de una red de 165 EMA's (Estaciones Meteorológicas Automáticas) que transmiten la información al SMC (Servicio Meteorológica de Cataluña) a través de radio digital, tecnología GSM o satélite.

Estacions automàtiques (XEMA)



~Estació [Codi]	~Municipi	~Comarca	~X UTM (m)	~Y UTM (m)	~Altitud (m)	~Data Alta	~Data Baixa	~Estat Actual*
Barcelona - Av. Lluís Companys [AN]	Barcelona	Barcelonès	431615	4582585	8	11/05/1992	29/10/2002	Desmantellada
Barcelona - Observatori Fabra [D5]	Barcelona	Barcelonès	426879	4585783	411	03/11/1995	-	Operativa
Barcelona - Zona Universitària [X8]	Barcelona	Barcelonès	425289	4581443	79	17/04/2008	-	Operativa
Barcelona - Zoo [X2]	Barcelona	Barcelonès	432246	4582511	7	22/09/2006	-	Operativa
Barcelona - el Raval [X4]	Barcelona	Barcelonès	430508	4581913	33	11/10/2006	-	Operativa

**Figura 62.** Red de Estaciones meteorológicas Autónomicas del SMC.

En la tabla podemos ver la temperatura ambiente media de Barcelona para todos los meses del año en °C y en °K.

**Tabla 61.** Temperatura ambiente media de Barcelona (Fuente: Instituto catalán de meteorología).

Barcelona	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Ta (°C)	11	12	14	17	20	24	26	26	24	20	16	12
Ta (°K)	284	285	287	290	293	297	299	299	297	293	289	285

En la tabla detallamos las superficies a calentar:

**Tabla 62.** Superficie a calentar por plantas.

Primera planta		Segunda planta	
Estancia	Superficie (m2)	Estancia	Superficie (m2)
Hall 1	6,73	Hall 2	7,72
Salón	33,75	Dormitorio 1	23,69
Escaleras	5,75	Wc 1	9,84
Cocina	10,55	Dormitorio 2	9,45
Comedor	13,19	Wc 2	5,46
Lavadero	7,08	Dormitorio 3	11,82
Patio	3,65	Wc 3	5,25
Wc 4	2,76	Escaleras	5,75

La superficie total es de 228.43m<sup>2</sup>, Pero teniendo en cuenta que algunas zonas no tendrán calefacción, la superficie total donde se instalaran los equipos de calefacción es de 162,44m<sup>2</sup>.

Teniendo en cuenta que la altura del suelo al techo es de 3 metros y la superficie total es de 162,44 m<sup>2</sup>, calcularemos el volumen de aire a calentar con la siguiente formula:

$$V = S \cdot A = 162,44 \cdot 3 = 487,32m^3$$

V= Volumen (m<sup>3</sup>)

S= Superficie (m<sup>2</sup>)

A= Altura (m)

El volumen total a calentar es de 487,32m<sup>3</sup>.

En la tabla se muestra el cálculo de la masa de aire a calentar.

**Tabla 63.** Masa de aire a calentar.

Mes	P (atm)	V (m <sup>3</sup> )	PM (Kg/Kmol)	R (atm·m <sup>3</sup> /K·Kmol)	Ta (°k)	m (Kg)
<b>Enero</b>	1	487,32	28,96	0,0820562	284	605,60
<b>Febrero</b>	1	487,32	28,96	0,0820562	285	603,47
<b>Marzo</b>	1	487,32	28,96	0,0820562	287	599,27
<b>Abril</b>	1	487,32	28,96	0,0820562	290	593,07
<b>Mayo</b>	1	487,32	28,96	0,0820562	293	586,99
<b>Junio</b>	1	487,32	28,96	0,0820562	297	579,09
<b>Julio</b>	1	487,32	28,96	0,0820562	299	575,22
<b>Agosto</b>	1	487,32	28,96	0,0820562	299	575,22
<b>Septiembre</b>	1	487,32	28,96	0,0820562	297	579,09
<b>Octubre</b>	1	487,32	28,96	0,0820562	293	586,99
<b>Noviembre</b>	1	487,32	28,96	0,0820562	289	595,12
<b>Diciembre</b>	1	487,32	28,96	0,0820562	285	603,47

Ahora que conocemos la masa de aire que debemos calentar, necesitamos saber la energía que nos hace falta para conseguirlo.

Para calcular la energía necesaria para calentar esta masa de aire utilizaremos la siguiente expresión:

$$Q = m \cdot C_e \cdot \Delta t$$

Donde:

$Q$  = Cantidad de calor necesaria (kcal)

$m$  = Masa total de aire a calentar (kg)

$C_e$  = Calor específico del aire (0,24 kcal/kg·K)

$\Delta t$  = Salto térmico (K)

Para hallar el salto térmico, debemos empezar fijando la temperatura del ambiente interior de la vivienda unifamiliar.

En la tabla veremos la temperatura del ambiente interior de la vivienda unifamiliar.

**Tabla 64.** Temperatura superficial interior de los cerramientos (Fuente: NBE-CT-79 Artículo 9).

Edificio o local	Temperatura mínima (seca) en °C
Destinados a vivienda, enseñanza, comercio, trabajo sedentario y cultura	18
Salas de actos, gimnasios y locales para trabajo ligero	15
Locales para trabajo pesado	12
Espacios para almacenamiento en general	10

Según la tabla, la temperatura ambiental interior de la vivienda unifamiliar es de 18 °C o 291 °K.

Buscaremos el salto térmico teniendo en cuenta:

$$\Delta t = T_{\min \text{ ima}} - T_a$$

En la tabla, se observara el salto térmico.

**Tabla 65.** Salto térmico.

Mes	T <sub>minima</sub> (° K)	T <sub>a</sub> (°k)	Δt (°k)
Enero	291	284	7
Febrero	291	285	6
Marzo	291	287	4
Abril	291	290	1
Mayo	291	293	-2
Junio	291	297	-6
Julio	291	299	-8
Agosto	291	299	-8
Septiembre	291	297	-6
Octubre	291	293	-2
Noviembre	291	289	2
Diciembre	291	285	6

En la tabla, calculamos la energía necesaria para calentar la masa de aire.

**Tabla 66.** Energía necesaria para calentar la masa de aire.

Mes	m (Kg)	Ce (kcal/kg•°k)	Δt (°k)	Q (kcal/día)
Enero	605,60	0,24	7	1017,40
Febrero	603,47	0,24	6	869,00
Marzo	599,27	0,24	4	575,30
Abril	593,07	0,24	1	142,34
Mayo	586,99	0,24	-2	-281,76
Junio	579,09	0,24	-6	-833,89
Julio	575,22	0,24	-8	-1104,41
Agosto	575,22	0,24	-8	-1104,41
Septiembre	579,09	0,24	-6	-833,89
Octubre	586,99	0,24	-2	-281,76
Noviembre	595,12	0,24	2	285,66
Diciembre	603,47	0,24	6	869,00

En la siguiente tabla pasamos las kcal/día a kWh/día.

**Tabla 67.** De kcal/día a kWh/día.

ENERGÍA	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
kcal/día	1017,40	869,00	575,30	142,34	-281,76	-833,89	-1104,41	-1104,41	-833,89	-281,76	285,66	869,00
MJ/día	4,26	3,64	2,41	0,60	-1,18	-3,49	-4,62	-4,62	-3,49	-1,18	1,20	3,64
kWh/día	1,18	1,01	0,67	0,17	-0,33	-0,97	-1,28	-1,28	1,00	-0,33	0,33	1,01

Ahora calculamos la energía necesaria para calentar la masa de aire cada mes del año.

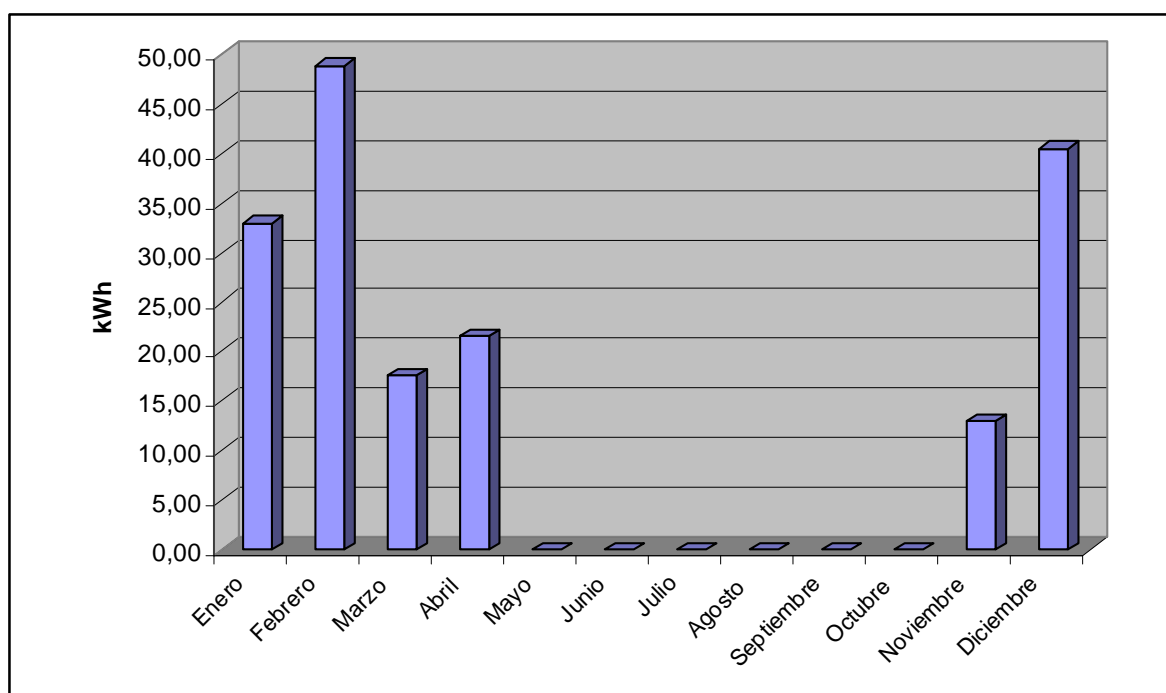


**Tabla 68.** Energía necesaria para calentar la masa de aire cada mes.

Mes	Días/mes	Q (MJ/día)	Q (MJ/mes)	Q (kWh/mes)
<b>Enero</b>	31	4,26	131,96	36,66
<b>Febrero</b>	28	3,64	101,80	28,28
<b>Marzo</b>	31	2,41	74,62	20,73
<b>Abril</b>	30	0,60	17,87	4,96
<b>Mayo</b>	31	0	0	0
<b>Junio</b>	30	0	0	0
<b>Julio</b>	31	0	0	0
<b>Agosto</b>	31	0	0	0
<b>Septiembre</b>	30	0	0	0
<b>Octubre</b>	31	0	0	0
<b>Noviembre</b>	30	1,20	35,86	9,96
<b>Diciembre</b>	31	3,64	112,71	31,31
TOTAL			<b>474,82</b>	<b>131,89</b>

Los meses en rojo, son los meses en los que hay una demanda de energía negativa, que concuerdan con los meses de verano y próximos a este. En estos meses el sistema no aporta energía.

En el siguiente diagrama se puede detallar mejor la demanda de energía de la calefacción de cada mes.

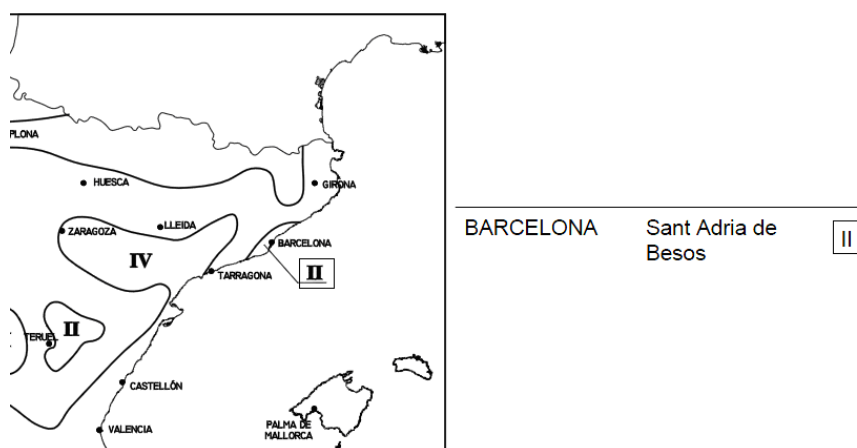


**Figura 63.** Diagrama de demanda de energía de la calefacción mensual en kWh.

### 2.1.4.2.3.2. Calefacción considerando pérdidas

Se ha de tener en cuenta las pérdidas de energía, ya que la vivienda unifamiliar no es ideal, y viene provocado por los materiales empleados en la construcción de la vivienda unifamiliar que experimentan unas pérdidas de energía.

Tenido en cuenta que la vivienda unifamiliar se encuentra en la Zona Climática II. Podemos ver a continuación en la Figura, la Zona Climática.



**Figura 64.** Zona climática (Fuente: documento básico HE-4).

Se ha de tener en cuenta los valores límites de los parámetros característicos medios para esta zona climática.

En la siguiente tabla podemos observar estos parámetros.

**Tabla 69.** Parámetros zona climática II (Fuente: CTE-DB-HE 1).

ZONA CLIMÁTICA C2

Transmitancia límite de muros de fachada y cerramientos en contacto con el terreno

Transmitancia límite de suelos

Transmitancia límite de cubiertas

Factor solar modificado límite de lucernarios

$U_{Mlim}: 0,73 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U_{Slim}: 0,50 \text{ W/m}^2\text{K}$

$U_{Clim}: 0,41 \text{ W/m}^2\text{K}$

$F_{Lim}: 0,32$

% de superficie de huecos	Transmitancia límite de huecos <sup>(1)</sup> $U_{Hlim} \text{ W/m}^2\text{K}$				Factor solar modificado límite de huecos $F_{Hlim}$					
					Carga interna baja			Carga interna alta		
	N	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO	E/O	S	SE/SO
de 0 a 10	4,4	4,4	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 11 a 20	3,4 (4,2)	3,9 (4,4)	4,4	4,4	-	-	-	-	-	-
de 21 a 30	2,9 (3,3)	3,3 (3,8)	4,3 (4,4)	4,3 (4,4)	-	-	-	0,60	-	-
de 31 a 40	2,6 (2,9)	3,0 (3,3)	3,9 (4,1)	3,9 (4,1)	-	-	-	0,47	-	0,51
de 41 a 50	2,4 (2,6)	2,8 (3,0)	3,6 (3,8)	3,6 (3,8)	0,59	-	-	0,40	0,58	0,43
de 51 a 60	2,2 (2,4)	2,7 (2,8)	3,5 (3,6)	3,5 (3,6)	0,51	-	0,55	0,35	0,52	0,38

También se ha de tener en cuenta la transmitancia térmica máxima de los cerramientos.

En la siguiente tabla podemos observar estos parámetros.

**Tabla 70.** Transmitancia térmica máxima de cerramientos en  $W/m^2 \cdot K$  (Fuente: CTE-DB-HE 1).

Cerramientos y particiones interiores	ZONAS A	ZONAS B	ZONAS C	ZONAS D	ZONAS E
Muros de fachada, particiones interiores en contacto con espacios no habitables, primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno <sup>(1)</sup> y primer metro de muros en contacto con el terreno	1,22	1,07	0,95	0,86	0,74
Suelos <sup>(2)</sup>	0,69	0,68	0,65	0,64	0,62
Cubiertas <sup>(3)</sup>	0,65	0,59	0,53	0,49	0,46
Vidrios y marcos	5,70	5,70	4,40	3,50	3,10
Medianerías	1,22	1,07	1,00	1,00	1,00

También son necesarios los coeficientes globales de pérdidas térmicas, para poder calcular la transmitancia térmica de los cerramientos.

En la siguiente tabla podemos observar estos coeficientes.




**Tabla 71.** Conductividad térmica de materiales de construcción y aislantes (Fuente: [www.miliarium.com](http://www.miliarium.com), Catálogo de elementos de construcción del CTE)

Conductividad térmica de materiales de construcción y aislantes	
Material	Conductividad térmica ( $\lambda$ ) ( $W/m \cdot K$ )
Aire	0,026
Cemento	1,047
Fibra de vidrio	0,035
Hormigón	1,4
Ladrillo	0,8
Tela asfáltica	0,04
Vidrio	0,81
Lana mineral	0,38

Para el cálculo de los coeficientes del espacio habitable en contacto con el exterior, tendremos en cuenta el apéndice E del CTE-DB-HE 1, de aquí sacaremos la tabla de las resistencias térmicas superficiales de los cerramientos dependiendo del sentido del flujo de calor.

En la siguiente tabla observamos las resistencias térmicas superficiales de cerramiento con el aire exterior.

**Tabla 72.** Resistencias térmicas superficiales de cerramientos en contacto con el aire exterior en  $m^2 \cdot K/W$  (Fuente: CTE DB-HE: HE 1 Apéndice E).

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor		Rse	Rsi
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal $>60^\circ$ y flujo horizontal		0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal $\leq 60^\circ$ y flujo ascendente		0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente		0,04	0,17

La posición del cerramiento y el sentido del flujo de calor, correspondería con el primer caso, con lo cual la resistencia térmica Rse será de  $0,04 m^2 \cdot K/W$  y Rsi será de  $0,13 m^2 \cdot K/W$  para los cerramiento en contacto exterior.

Una vez conocidos todos estos factores, se podrán calcular los coeficientes de pérdidas del espacio habitable interior como exterior, con la siguientes formulas:

$$U_e = \frac{1}{R_{se}} \quad U_i = \frac{1}{R_{si}}$$

Donde:

Ue: Coeficiente de conducción térmica para el aire exterior ( $m^2 \cdot K/W$ )

Rse: Resistencia térmica superficial correspondiente al aire exterior ( $0,04 m^2 \cdot K/W$ )

Ui: Coeficiente de conducción térmica para el aire interior ( $m^2 \cdot K/W$ )

Rsi: Resistencia térmica superficial correspondiente al aire interior ( $0,13 m^2 \cdot K/W$ )

Los coeficientes de conducción térmicos obtenidos son:

$$U_e = \frac{1}{R_{se}} = \frac{1}{0,04} = 25 W / m^2 \cdot K \quad U_i = \frac{1}{R_{si}} = \frac{1}{0,13} = 3,33 W / m^2 \cdot K$$

Para conocer el coeficiente global de transmisión U de cada cerramiento se ha de tener en cuenta la siguiente formula:

$$U = \frac{1}{\frac{1}{U_e} + \sum \frac{e}{\lambda} + \frac{1}{U_i}}$$

Donde:

U: Coeficiente global de transmisión de los cerramientos (m<sup>2</sup>·K/W)

U<sub>e</sub>: Coeficiente de conducción térmica para el aire exterior (m<sup>2</sup>·K/W)

e: Espesor de los materiales (m)

λ: Conductividad térmica de los materiales (W/m·K)

U<sub>i</sub>: Coeficiente de conducción térmica para el aire interior (m<sup>2</sup>·K/W)

En la siguiente tabla observamos los espesores de cada tipo de cerramiento y los coeficientes globales de transmisión:

**Tabla 72.** Coeficientes globales de transmisión (U)

Cerramientos	Material	e (m)	λ (W/m·K)	U (m <sup>2</sup> ·K/W)
<b>Muros</b>	Cemento	0,14	1,047	0,169
	Ladrillos	0,14	0,8	
	Fibra de vidrio	0,08	0,035	
	Lana mineral	0,12	0,038	
<b>Ventanas</b>	Vidrio	0,008	0,81	1,721
	Aire	0,006	0,026	
<b>Techos</b>	Hormigón	0,4	1,4	0,174
	Tela asfáltica	0,02	0,04	
	ladrillos	0,04	0,8	
	Fibra de vidrio	0,05	0,035	
	Lana mineral	0,12	0,038	
<b>Suelo</b>	-	-	-	0,65

Ahora calcularemos las superficies de los muros, ventanas, techos y suelo. En la siguiente tabla podemos observar estos valores.

**Tabla 73.** Cálculo de las diferentes superficies de la vivienda unifamiliar.

Plantas	Muros(m <sup>2</sup> )	Ventanas(m <sup>2</sup> )	Techos(m <sup>2</sup> )	Suelos(m <sup>2</sup> )
<b>Primera planta</b>	333	22,5	83,43	83,43
<b>Segunda planta</b>	314	22,5	78,45	78,45
<b>Total</b>	447	35	111,88	111,88

Con los datos calculados anteriormente, pasamos a calcular el coeficiente de transmisión de calor multiplicado por el área (UA). En la siguiente tabla podemos observar estos valores.

**Tabla 74.** Cálculo del coeficiente de transmisión de calor multiplicado por el área (UA)

Coeficiente global de transmisión (U) * Superficie (A) (W/K)		
<b>Muros</b>	Amuros	447 m <sup>2</sup>
	Umuros	0,169
	U*A	75,54
<b>Ventanas</b>	Aventanas	35 m <sup>2</sup>
	Uventanas	1,721
	U*A	60,23
<b>Techos</b>	Atechos	111,88 m <sup>2</sup>
	Utechos	0,174
	U*A	19,46
<b>Suelos</b>	Asuelos	111,88 m <sup>2</sup>
	Usuelos	0,65
	U*A	72,7
<b>Total</b>		<b>227,93 W/K</b>

Ahora pasamos a calcular el flujo de calor mediante la siguiente expresión para cada mes del año:

$$Q = 86400 \cdot UA \cdot GDM$$

Donde:

Q: Flujo de calor (J)

UA: coeficiente de transmisión de calor multiplicado por el área (W/K)

GDM: Grados-día mensuales (K)

Los grados-día de san Adrián de besós a criterio 15/15, se puede observar en la siguiente tabla:

**Tabla74.** De grados día.

Municipi	Zona	Criteri	ANUAL	GEN	FEB	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DES	
Sagàs	6	calef.	1515	1937	353	287	239	181	105	40	3	4	41	121	231	332
		calef.	1818	2850	455	378	335	269	184	97	36	38	98	203	324	433
		refr.	2121	203	0	0	0	0	3	27	73	72	27	1	0	0
Sals de Palars	8	calef.	1515	1880	371	260	221	157	89	33	8	3	120	235	34	329
		calef.	1818	2528	461	336	297	221	139	60	15	15	67	178	310	429
		refr.	2121	397	0	0	0	5	25	63	116	116	58	14	0	0
Saldes	9	calef.	1515	2468	419	337	286	240	139	64	22	24	90	175	280	392
		calef.	1818	3453	520	429	388	337	226	128	58	64	163	268	378	494
		refr.	2121	71	0	0	0	0	6	34	31	0	0	0	0	0
Sales de Llierca	6	calef.	1515	1351	264	205	163	122	57	21	0	5	27	76	168	243
		calef.	1818	2139	363	291	252	202	120	61	18	21	71	145	255	340
		refr.	2121	317	0	0	0	2	16	47	105	100	38	9	0	0
Sallent	7	calef.	1515	1514	308	233	186	122	60	18	0	0	19	76	192	300
		calef.	1818	2132	400	311	263	185	105	38	0	4	40	127	268	391
		refr.	2121	378	0	0	0	0	19	60	118	111	58	12	0	0
Salomó	3	calef.	1515	942	207	159	128	90	36	0	0	0	0	34	107	181
		calef.	1818	1540	294	233	202	154	85	28	0	0	22	83	175	264
		refr.	2121	396	0	0	0	3	17	55	116	124	63	18	0	0
Salou	3	calef.	1515	606	163	117	80	42	0	0	0	0	0	0	64	140
		calef.	1818	1161	255	195	156	104	45	4	0	0	0	41	133	228
		refr.	2121	403	0	0	0	0	9	50	126	145	62	11	0	0
Salt	5	calef.	1515	1235	246	204	158	121	47	11	0	0	14	65	143	226
		calef.	1818	1903	334	282	235	189	98	46	10	7	51	123	216	312
		refr.	2121	325	0	0	0	0	15	43	105	115	39	8	0	0
Santauja	7	calef.	1515	1519	330	236	182	127	53	10	0	0	17	81	189	294
		calef.	1818	2199	424	317	262	197	106	39	0	5	51	143	269	386
		refr.	2121	398	0	0	0	0	19	63	133	126	50	7	0	0
Sant Adrià de Besòs	1	calef.	1515	696	172	127	98	64	14	0	0	0	0	11	74	136
		calef.	1818	1295	272	212	183	136	57	5	0	0	0	50	150	230
		refr.	2121	317	0	0	0	0	0	38	109	116	49	5	0	0

El cálculo del flujo de calor lo podemos observar en la siguiente tabla:

**Tabla74.** Cálculo del flujo de calor.

Barcelona	86400	UA(W/K)	GDM (K)	Q (MJ/mes)	Q (kWh/mes)
<b>Enero</b>	86400	227,9	119	2343,49	650,97
<b>Febrero</b>	86400	227,9	103	2028,39	563,44
<b>Marzo</b>	86400	227,9	98	1929,93	536,09
<b>Abril</b>	86400	227,9	64	1260,36	350,10
<b>Mayo</b>	86400	227,9	14	275,70	76,58
<b>Junio</b>	86400	227,9	0	0	0,00
<b>Julio</b>	86400	227,9	0	0	0,00
<b>Agosto</b>	86400	227,9	0	0	0,00
<b>Septiembre</b>	86400	227,9	0	0	0,00
<b>Octubre</b>	86400	227,9	11	216,62	60,17
<b>Noviembre</b>	86400	227,9	74	1457,29	404,80
<b>Diciembre</b>	86400	227,9	110	2166,25	601,74
<b>Total</b>				<b>11678,04</b>	<b>3243,90</b>

### 2.1.4.2.3.3. Energía total necesaria de calefacción

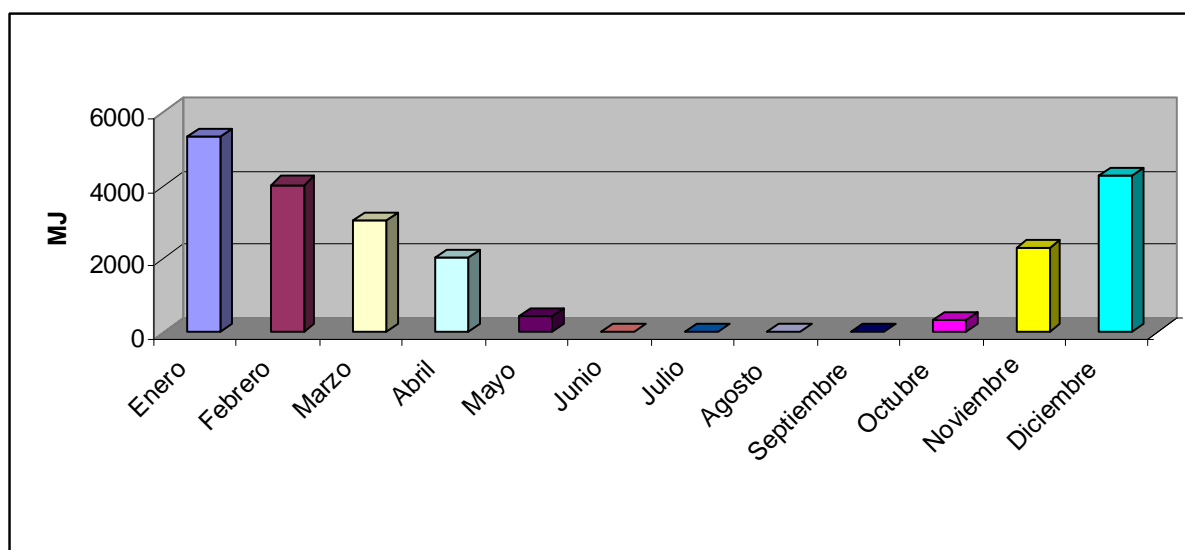
Ahora calcularemos la demanda total de energía mensual para la calefacción, sumando las 2 energías calculadas anteriormente, la energía de calefacción ideal y la energía de calefacción considerando las pérdidas.

En la tabla se procede al cálculo de la demanda total de energía para la calefacción:

**Tabla 75.** Cálculo de la demanda de energía total para la calefacción (MJ).

Mes	Calefacción		Perdidas		Calefacción + pérdidas	
	Q (MJ/mes)	Q (KWh/mes)	Q (MJ/mes)	Q (KWh/mes)	Q <sub>m</sub> (MJ/mes)	Q <sub>m</sub> (KWh/mes)
<b>Enero</b>	131,96	36,66	2343,49	650,97	2475,45	687,62
<b>Febrero</b>	101,80	28,28	2028,39	563,44	2130,20	591,72
<b>Marzo</b>	74,62	20,73	1929,93	536,09	2004,55	556,82
<b>Abril</b>	17,87	4,96	1260,36	350,10	1278,23	355,06
<b>Mayo</b>	0	0	275,70	76,58	275,70	76,58
<b>Junio</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Julio</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Agosto</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Septiembre</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Octubre</b>	0	0	216,62	60,17	216,62	60,17
<b>Noviembre</b>	35,86	9,96	1457,29	404,80	1493,15	414,76
<b>Diciembre</b>	112,71	31,31	2166,25	601,74	2278,96	633,04
<b>Total</b>					<b>12152,86</b>	<b>3375,79</b>

En la siguiente figura podemos ver la demanda de energía total para la calefacción:



**Figura 65.** Diagrama de demanda de energía total para la calefacción (MJ).



#### 2.1.4.2.4. Evaluación de la energía solar disponible para calefacción

##### 2.1.4.2.4.1. Energía disponible

Una vez realizado los cálculos de necesidades energéticas de la instalación, es necesario conocer la cantidad de energía solar que el sol nos aporta, para poder conocer la cobertura solar generada frente a nuestra demanda de energía.

La energía disponible en un emplazamiento determinado se puede evaluar a partir de medidas de radiación en el lugar de la instalación, evaluando la radiación a partir de otras instalaciones próximas, haciendo valores estadísticos basados en medidas de estaciones meteorológicas.

Los datos de radiación que utilizare, son los del atlas de radiación solar en Cataluña, editado por el instituto catalán de energía del departamento de trabajo, industria, comercio y turismo.

El atlas de radiación solar de Cataluña ofrece datos de irradiación solar global diaria sobre superficies inclinadas y con diferentes orientaciones, en nuestro caso tendremos en cuenta los datos para **azimut 0**.

En la siguiente tabla podemos observar los datos para **azimut 0**.

**Tabla 76.** Radiación solar global diaria sobre superficies inclinadas (MJ/m<sup>2</sup>/día) de Barcelona para azimut 0 (Fuente: Atlas de radiación solar en Cataluña; ICAEN, 2000).

Orientació: 0°													
Inclinació	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des	Anual
0°	6,80	9,65	13,88	18,54	22,25	24,03	23,37	20,42	16,05	11,40	7,73	6,04	15,04
5°	7,70	10,56	14,72	19,15	22,58	24,21	23,63	20,93	16,85	12,32	8,66	6,94	15,71
10°	8,56	11,41	15,47	19,67	22,78	24,25	23,74	21,31	17,54	13,17	9,55	7,80	16,29
15°	9,37	12,19	16,14	20,07	22,84	24,13	23,70	21,59	18,13	13,95	10,38	8,61	16,78
20°	10,12	12,90	16,70	20,35	22,76	23,87	23,52	21,76	18,61	14,63	11,15	9,37	17,17
25°	10,81	13,52	17,17	20,51	22,60	23,48	23,24	21,80	18,98	15,23	11,85	10,07	17,46
30°	11,43	14,07	17,52	20,54	22,32	23,02	22,86	21,71	19,23	15,73	12,47	10,71	17,65
35°	11,97	14,52	17,77	20,45	21,90	22,43	22,34	21,48	19,36	16,13	13,01	11,28	17,73
40°	12,44	14,88	17,91	20,23	21,35	21,70	21,69	21,12	19,37	16,43	13,47	11,77	17,71
45°	12,83	15,15	17,94	19,89	20,67	20,84	20,90	20,63	19,26	16,63	13,85	12,19	17,58
50°	13,14	15,32	17,86	19,43	19,87	19,86	20,00	20,02	19,03	16,72	14,13	12,53	17,33
55°	13,36	15,40	17,67	18,85	18,95	18,77	18,97	19,29	18,68	16,71	14,32	12,78	16,98
60°	13,49	15,37	17,36	18,16	17,92	17,60	17,84	18,44	18,22	16,59	14,42	12,95	16,53
65°	13,53	15,25	16,95	17,36	16,83	16,41	16,71	17,48	17,65	16,36	14,42	13,04	16,00
70°	13,49	15,03	16,44	16,46	15,70	15,14	15,48	16,43	16,97	16,03	14,33	13,03	15,38
75°	13,35	14,72	15,83	15,47	14,48	13,78	14,18	15,35	16,19	15,60	14,14	12,94	14,67
80°	13,13	14,31	15,12	14,41	13,18	12,36	12,80	14,17	15,31	15,08	13,86	12,77	13,87
85°	12,82	13,81	14,32	13,29	11,82	10,93	11,35	12,93	14,34	14,45	13,50	12,51	13,00
90°	12,43	13,23	13,44	12,11	10,41	9,57	9,99	11,62	13,30	13,74	13,04	12,16	12,08

A partir de esta tabla, observamos 2 datos que hay que tener en cuenta a la hora de escoger el valor de radiación correcto.

### **1. La inclinación de los captadores.**

Para escoger la inclinación óptima seguiremos los criterios siguientes en función de la estación del año de máxima utilización de la instalación:

**La instalación de uso de verano:** Inclinación de los captadores= [Longitud del lugar - 10°] en Cataluña esto supone 30° - 35°.

**La instalación de uso de invierno:** Inclinación de los captadores= [Longitud del lugar + 10°] en Cataluña esto supone 50° - 55°.

**La instalación de uso continuo:** Inclinación de los captadores= [Longitud del lugar + 10°] en Cataluña esto supone 50° - 55°. Los captadores se montaran con inclinación similar a los del invierno porque es la época más desfavorable dada la baja radiación solar disponible.

Nuestra vivienda esta situada a una longitud aproximada de 41°, y como la instalación será de uso continuado se sumaran 10°. Por lo tanto:

**Inclinación de los captadores:  $41^{\circ} + 10^{\circ} = 51^{\circ} \rightarrow 50^{\circ}$**

### **2. El mes del año.**

En las tablas aparecen datos de radiación del día medio de cada uno de los 12 meses del año. Por lo tanto, la mejor opción es hacer un cálculo de necesidades y de superficie de captadores para cada uno de los meses y después elegir la superficie más interesante a efectos técnicos y económicos.

Hay que tener en cuenta que la radiación solar que hay en las tablas corresponde a medidas realizadas con aparatos de precisión. La instalación solar no puede aprovechar el 100% de esta radiación, ya que el vidrio de la cubierta del captador plano tiene un índice de reflexión de la radiación en función del ángulo de incidencia. Este efecto hace que la radiación solar de primeras y últimas horas del día sea reflejada casi totalmente ya que la intensidad de radiación es muy baja (inferior a 200 W/m<sup>2</sup>). La mayoría de los procesos de cálculo han establecido en un 6% el valor medio de radiación no aprovechable por los captadores solares a causa de este efecto.

#### 2.1.4.2.4.2. Radiación solar efectiva

Por lo tanto, la radiación solar efectiva es:

$$R_{efectiva} = 0,94 \cdot R_{diaria} \cdot d$$

Donde:

$R_{efectiva}$  : Radiación efectiva (MJ/m<sup>2</sup>mes)

0,94: Factor de conversión para eliminar el 6% residual

$R_{diaria}$  : Radiación solar global diaria sobre superficies inclinadas (MJ/m<sup>2</sup> día)

$d$  : Días de cada mes

A partir de la tabla obtenemos los valores de radiación a 50° de inclinación a Azimut 0. Y aplicando la reducción del 6% sobre la radiación global correspondiente a las horas del día (salida y puesta del sol) con valores de radiación inferiores a los mínimos aprovechable por los captadores obtenemos los valores siguientes:

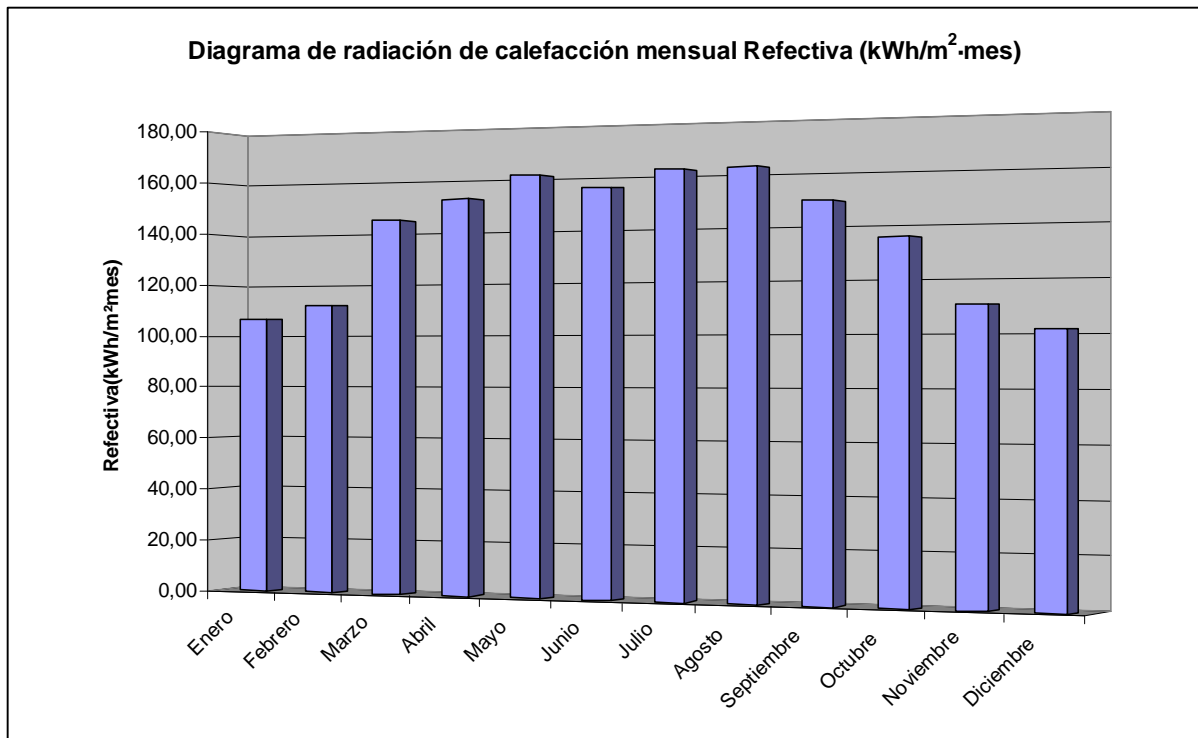
**Tabla 77.** Radiación solar global diaria sobre superficies inclinadas (MJ/m<sup>2</sup>/día) de Barcelona para azimut 0 (Fuente: Atlas de radiación solar en Cataluña; ICAEN, 2000).

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>Rdiaria (MJ/m<sup>2</sup>día)</b>	13,14	15,32	17,86	19,43	19,87	19,86	20	20,02	19,03	16,72	14,13	12,53
<b>Rdiaria (kWh/m<sup>2</sup>día)</b>	3,65	4,26	4,96	5,40	5,52	5,52	5,56	5,56	5,29	4,64	3,93	3,48

**Tabla 78.** Radiación efectiva de cada mes.

Mes	0,94	Rdiaria (MJ/m <sup>2</sup> día)	Dias	Refectiva(MJ/m <sup>2</sup> mes)	Refectiva(kWh/m <sup>2</sup> mes)
<b>Enero</b>	0,94	13,14	31	382,90	106,36
<b>Febrero</b>	0,94	15,32	28	403,22	112,01
<b>Marzo</b>	0,94	17,86	31	520,44	144,57
<b>Abril</b>	0,94	19,43	30	547,93	152,20
<b>Mayo</b>	0,94	19,87	31	579,01	160,84
<b>Junio</b>	0,94	19,86	30	560,05	155,57
<b>Julio</b>	0,94	20,00	31	582,80	161,89
<b>Agosto</b>	0,94	20,02	31	583,38	162,05
<b>Septiembre</b>	0,94	19,03	30	536,65	149,07
<b>Octubre</b>	0,94	16,72	31	487,22	135,34
<b>Noviembre</b>	0,94	14,13	30	398,47	110,69
<b>Diciembre</b>	0,94	12,53	31	365,12	101,42

En la siguiente grafica podemos apreciar mejor la variación de la radiación a lo largo del año:



**Figura 66.** Diagrama de radiación efectiva de calefacción.

#### *2.1.4.2.5. Cálculo de la energía aprovechada por el captador de calefacción*

De la energía que contiene la radiación neta o aprovechable en un emplazamiento del equipo solar sólo aprovecha una parte. Esta fracción está determinada por el rendimiento y se debe principalmente a las características del captador y las pérdidas de calor en los elementos que forman el circuito.

Del total de radiación que llega al captador, una parte es perdida por reflexión y absorción en el cristal de la cubierta y el resto es captado. La energía captada por el absorbedor produce el calentamiento y por lo tanto una parte de esta energía es reemitida hacia el ambiente en forma de radiación.

La proporción de radiación aprovechada por el captador respecto de la radiación aprovechable queda definida por el rendimiento del captador.

El rendimiento del captador no es un valor fijo, ya que depende de factores que varían durante su funcionamiento: la temperatura media del captador, la temperatura ambiente y la intensidad de radiación solar.

### 2.1.4.2.5.1. Intensidad de radiación media durante las horas de sol

La intensidad de radiación media durante las horas de sol, se calcula dividiendo la radiación solar global diaria entre la cantidad de horas de sol diarias:

$$I = \frac{1000 \cdot R_{efectiva}}{d \cdot h}$$

Donde:

$I$ : Intensidad de radiación media durante las horas de sol (W/m<sup>2</sup>).

$R_{efectiva}$ : Radiación efectiva

$d$ : Días del mes

$h$ : Horas de luz solar

**Tabla 79.** Horas de luz solar en Cataluña (Fuente: Instituto catalán de meteorología).

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
h	7,5	8	9	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9	9	8	7

**Tabla 80.** Intensidad de radiación media durante las horas de sol.

Mes	1000	Refectiva(kWh/m <sup>2</sup> mes)	d	h	I (W/m <sup>2</sup> )
<b>Enero</b>	1000	106,36	31	7,50	457,47
<b>Febrero</b>	1000	112,01	28	8,00	500,03
<b>Marzo</b>	1000	144,57	31	9,00	518,16
<b>Abril</b>	1000	152,20	30	9,50	534,04
<b>Mayo</b>	1000	160,84	31	9,50	546,13
<b>Junio</b>	1000	155,57	30	9,50	545,86
<b>Julio</b>	1000	161,89	31	9,50	549,71
<b>Agosto</b>	1000	162,05	31	9,50	550,26
<b>Septiembre</b>	1000	149,07	30	9,00	552,10
<b>Octubre</b>	1000	135,34	31	9,00	485,09
<b>Noviembre</b>	1000	110,69	30	8,00	461,19
<b>Diciembre</b>	1000	101,42	31	7,00	467,39

## 2.1.4.2.5.2. Rendimiento del captador

Habitualmente, para calcular el rendimiento se utiliza una expresión matemática:

$$\eta = \eta_0 - \alpha_{1A} \cdot \left( \frac{t_m - t_a}{I} \right) - \alpha_{2A} \cdot I \cdot \left( \frac{t_m - t_a}{I} \right)^2$$

Donde:

$\eta$ : Rendimiento medio anual del captador (%)

$\eta_0$ : Rendimiento óptico (72%)

$\alpha_{1A}$ : Coeficiente de pérdida (4,3 W/m<sup>2</sup>·K)

$\alpha_{2A}$ : Coeficiente de pérdida (0,01 W/m<sup>2</sup>·K<sup>2</sup>)

$t_m$ : Temperatura media del captador, generalmente se escoge el mismo valor que el fijado para el agua de consumo 60°C (°C).

$t_a$ : Temperatura ambiente media diurna, durante las horas de sol (°C).

**Tabla 81.** Temperatura ambiente media de Barcelona (Fuente: Instituto catalán de meteorología).

Barcelona	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>Ta (°C)</b>	11	12	14	17	20	24	26	26	24	20	16	12
<b>Ta (°K)</b>	284	285	287	290	293	297	299	299	297	293	289	285

**Tabla 82.** Rendimiento medio anual del captador.

Mes	$\eta_0$ (%)	$\alpha_{1A}$ (W/m <sup>2</sup> ·K)	$\alpha_{2A}$ (W/m <sup>2</sup> ·K <sup>2</sup> )	$t_m$ (°C)	$t_a$ (°C)	I (W/m <sup>2</sup> )	$\eta$
<b>Enero</b>	0,72	4,3	0,01	60	11	457,47	20,69%
<b>Febrero</b>	0,72	4,3	0,01	60	12	500,03	26,11%
<b>Marzo</b>	0,72	4,3	0,01	60	14	518,16	29,74%
<b>Abril</b>	0,72	4,3	0,01	60	17	534,04	33,91%
<b>Mayo</b>	0,72	4,3	0,01	60	20	546,13	37,58%
<b>Junio</b>	0,72	4,3	0,01	60	24	545,86	41,27%
<b>Julio</b>	0,72	4,3	0,01	60	26	549,71	43,30%
<b>Agosto</b>	0,72	4,3	0,01	60	26	550,26	43,33%
<b>Septiembre</b>	0,72	4,3	0,01	60	24	552,10	41,61%
<b>Octubre</b>	0,72	4,3	0,01	60	20	485,09	33,24%
<b>Noviembre</b>	0,72	4,3	0,01	60	16	461,19	26,78%
<b>Diciembre</b>	0,72	4,3	0,01	60	12	467,39	22,91%
<b>Anual</b>							33,37%

Los valores de rendimiento del captador se han expresado en tanto por uno, multiplicando por 100 obtenemos los valores porcentuales.

**Rendimiento medio anual del captador: 33,37%**



### 2.1.4.2.5.3. Radiación aprovechada por el captador

Para el cálculo de la radiación aprovechada por el captador utilizaremos la siguiente expresión:

$$R_{\text{captador}} = \eta \cdot R_{\text{efectiva}}$$

Donde:

$R_{\text{captador}}$  :Radiación aprovechada por el captador (kWh/m<sup>2</sup>mes)

$R_{\text{efectiva}}$  :Radiación efectiva (kWh/m<sup>2</sup>mes)

$\eta$  :Rendimiento medio anual del captador (%)

**Tabla 83.** Radiación aprovechada por el captador

Mes	$\eta$	Refectiva(kWh/m <sup>2</sup> mes)	Rcaptador (kWh/m <sup>2</sup> mes)
<b>Enero</b>	0,21	106,36	22,01
<b>Febrero</b>	0,26	112,01	29,25
<b>Marzo</b>	0,30	144,57	43,00
<b>Abril</b>	0,34	152,20	51,62
<b>Mayo</b>	0,38	160,84	60,44
<b>Junio</b>	0,41	155,57	64,20
<b>Julio</b>	0,43	161,89	70,10
<b>Agosto</b>	0,43	162,05	70,22
<b>Septiembre</b>	0,42	149,07	62,03
<b>Octubre</b>	0,33	135,34	44,99
<b>Noviembre</b>	0,27	110,69	29,64
<b>Diciembre</b>	0,23	101,42	23,24

#### *2.1.4.2.6. Dimensionamiento de la superficie de captación requerida para cubrir las necesidades de calefacción*

##### *2.1.4.2.6.1. Energía aprovechada por el sistema*

Del total de radiación que puede absorber el captador sólo una parte es aprovechada por el usuario en forma de ACS, el resto se pierde en forma de calor residual a través de las paredes del acumulador, las tuberías, las válvulas y la resto de accesorios del circuito.

Evaluar con exactitud estas pérdidas es muy complicado, porque dependen de la temperatura del fluido, ACS en el secundario y fluido caloportador en el primario, así como de la temperatura ambiente, la calidad y el espesor de los aislamientos y su colocación, etc.

Empíricamente se ha establecido un valor de pérdidas generales del sistema que se corresponde bastante con la realidad de las instalaciones en funcionamiento y que es del 10% al 15% de la energía obtenida en el captador.

**Factor de pérdida considerado: 0,85**

Este parámetro nos obligó a hacer una última operación para encontrar la energía aprovechada por el sistema aplicando la reducción correspondiente:

$$Q_a = F_{perdidas} \cdot R_{captador}$$

Donde:

$Q_a$  : Energía aprovechada por el sistema (kWh/m<sup>2</sup>mes)

$F_{perdidas}$  : Factor de perdidas considerado (0,85)

$R_{captador}$  : Radiación aprovechada por el captador (kWh/m<sup>2</sup>mes)

**Tabla 84.** Energía aprovechada por el sistema.

<b>Mes</b>	<b>F<sub>perdidas</sub></b>	<b>Rcaptador (kWh/m<sup>2</sup>mes)</b>	<b>Q<sub>a</sub>(kWh/m<sup>2</sup>mes)</b>
<b>Enero</b>	0,85	22,01	18,71
<b>Febrero</b>	0,85	29,25	24,86
<b>Marzo</b>	0,85	43,00	36,55
<b>Abril</b>	0,85	51,62	43,88
<b>Mayo</b>	0,85	60,44	51,37
<b>Junio</b>	0,85	64,20	54,57
<b>Julio</b>	0,85	70,10	59,58
<b>Agosto</b>	0,85	70,22	59,68
<b>Septiembre</b>	0,85	62,03	52,73
<b>Octubre</b>	0,85	44,99	38,24
<b>Noviembre</b>	0,85	29,64	25,19
<b>Diciembre</b>	0,85	23,24	19,75
<b>Media anual</b>	0,85	47,56	40,43

#### 2.1.4.2.6.2. Cálculo de la superficie de captación

La superficie de captación para cubrir la totalidad de la demanda mensual prevista se limita a la realización de un simple cociente y multiplicar el resultado por la contribución solar mínima de la instalación.

$$S_{\text{captación}} = C_{\text{solar}} \cdot \left( \frac{Q_m}{Q_a} \right)$$

Donde:

$S_{\text{captación}}$  : Superficie de captación necesaria (m<sup>2</sup>)

$C_{\text{solar}}$  : Contribución solar mínima (50%)

$Q_m$  : Energía total de la instalación (energía de consumo) (kWh/mes)

$Q_a$  : Energía aprovechada por el sistema (kWh/m<sup>2</sup>mes)

**Tabla 85.** Superficie de captación necesaria.

Mes	C <sub>solar</sub>	Q <sub>m</sub> (kWh/mes)	Q <sub>a</sub> (kWh/m <sup>2</sup> mes)	S <sub>captación</sub> (m <sup>2</sup> )
<b>Enero</b>	0,5	687,62	18,71	18,38
<b>Febrero</b>	0,5	591,72	24,86	11,90
<b>Marzo</b>	0,5	556,82	36,55	7,62
<b>Abril</b>	0,5	355,06	43,88	4,05
<b>Mayo</b>	0,5	76,58	51,37	0,75
<b>Junio</b>	0,5	0	54,57	0
<b>Julio</b>	0,5	0	59,58	0
<b>Agosto</b>	0,5	0	59,68	0
<b>Septiembre</b>	0,5	0	52,73	0
<b>Octubre</b>	0,5	60,17	38,24	0,79
<b>Noviembre</b>	0,5	414,76	25,19	8,23
<b>Diciembre</b>	0,5	633,04	19,75	16,03

#### 2.1.4.2.7. Numero de captadores a instalar para calefacción

$$N^{\circ}_{\text{captadores}} = \frac{S_{\text{captación}}}{S_{\text{captador}}}$$

Donde:

$N^{\circ}_{\text{captadores}}$  : Numero de captadores a instalar

$S_{\text{captación}}$  : Superficie de captación necesaria (m<sup>2</sup>)

$S_{\text{captador}}$  : Superficie del captador (m<sup>2</sup>)

**Tabla 86.** Numero de captadores.

Mes	$S_{\text{captación}} \text{ (m}^2\text{)}$	$S_{\text{captador}} \text{ (m}^2\text{)}$	$N^{\circ}_{\text{captadores}}$	$N^{\circ}_{\text{captadores}}$
<b>Enero</b>	18,38	2,63	6,99	7
<b>Febrero</b>	11,90	2,63	4,52	5
<b>Marzo</b>	7,62	2,63	2,90	3
<b>Abril</b>	4,05	2,63	1,54	2
<b>Mayo</b>	0,75	2,63	0,28	1
<b>Junio</b>	0	2,63	0	0
<b>Julio</b>	0	2,63	0	0
<b>Agosto</b>	0	2,63	0	0
<b>Septiembre</b>	0	2,63	0	0
<b>Octubre</b>	0,79	2,63	0,30	1
<b>Noviembre</b>	8,23	2,63	3,13	4
<b>Diciembre</b>	16,03	2,63	6,09	7

Cogemos le caso mas desfavorable para nuestra casa unifamiliar, en este caso cogemos 7 captadores.

**Numero de captadores para calefacción: 7 captadores**

*2.1.4.2.8. Elección del volumen de acumulación para calefacción*

*2.1.4.2.8.1. Elección del interacumulador para calefacción*

El interacumulador será igual que el de ACS..

**Interacumulador para ACS: 300 Litros**

*2.1.4.2.8.2. Verificación del margen de superficie de captación*

Para la calefacción no se ha de verificar, ya que no existe normativa al respecto.

### 2.1.4.3. Instalación de ACS + calefacción

#### 2.1.4.3.1. Contribución solar mínima de ACS + calefacción

Para la casa unifamiliar hemos cogido una contribución solar mínima del 50%.

**Contribución solar mínima: 50%**

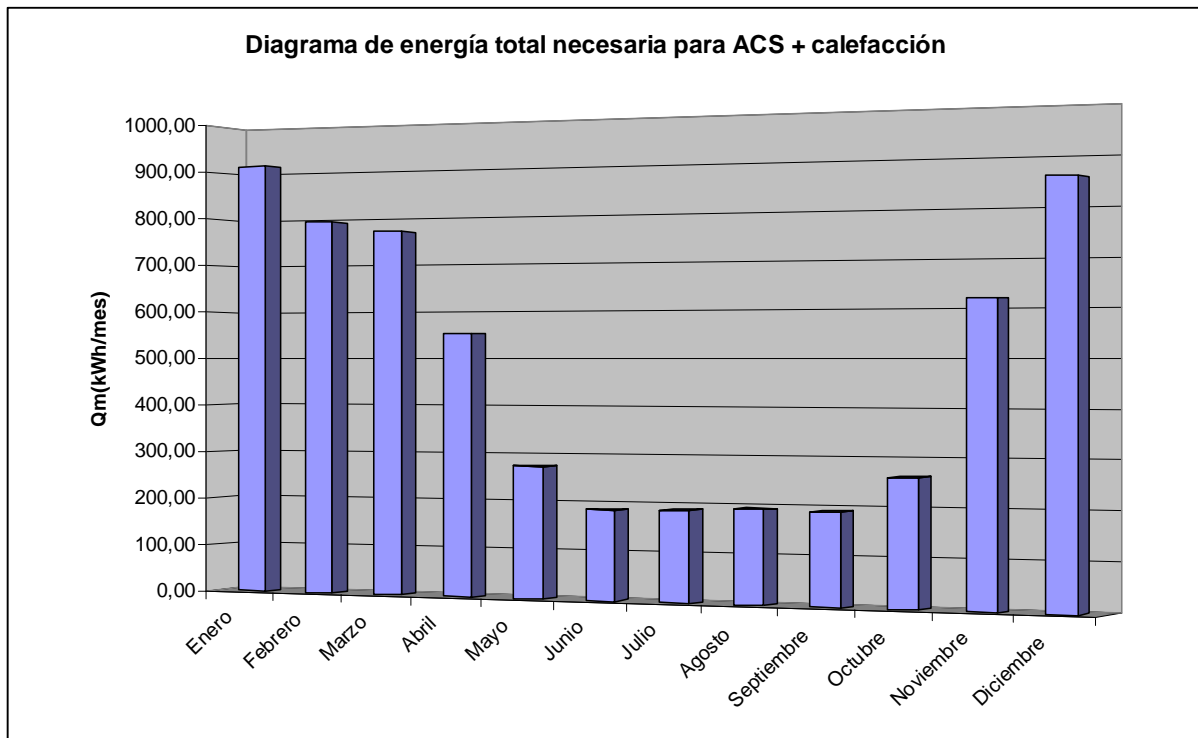
#### 2.1.4.3.2. Energía total necesaria para ACS + calefacción

La demanda total de energía de la instalación solar térmica de la vivienda unifamiliar será la suma de la demanda de energía de ACS más la demanda de energía de la calefacción. En la siguiente tabla podemos ver esta demanda de energía total de la instalación.

**Tabla 87.** Energía total necesaria para ACS + calefacción.

Barcelona	ACS		Calefacción + perdidas		ACS+Calefacción	
	$Q_{mACS}$ (MJ/mes)	$Q_{mACS}$ (kWh/mes)	$Q_m$ (MJ/mes)	$Q_m$ (kWh/mes)	$Q_m$ (MJ/mes)	$Q_m$ (kWh/mes)
<b>Enero</b>	809,41	224,84	2475,45	687,62	3284,86	912,46
<b>Febrero</b>	717,08	199,19	2130,20	591,72	2847,28	790,91
<b>Marzo</b>	762,60	211,83	2004,55	556,82	2767,15	768,65
<b>Abril</b>	708,00	196,67	1278,23	355,06	1986,23	551,73
<b>Mayo</b>	716,10	198,92	275,70	76,58	991,80	275,50
<b>Junio</b>	677,70	188,25	0	0	677,70	188,25
<b>Julio</b>	684,79	190,22	0	0	684,79	190,22
<b>Agosto</b>	700,29	194,53	0	0	700,29	194,53
<b>Septiembre</b>	693,00	192,50	0	0	693,00	192,50
<b>Octubre</b>	731,60	203,22	216,62	60,17	948,22	263,39
<b>Noviembre</b>	738,00	205,00	1493,15	414,76	2231,15	619,76
<b>Diciembre</b>	809,41	224,84	2278,96	633,04	3088,37	857,88
<b>Total</b>					<b>20900,84</b>	<b>5805,78</b>

En la siguiente grafica podemos observar la demanda de energía solar térmica para cada ACS y Calefacción.



**Figura 66.** Diagrama de energía total necesaria para ACS + calefacción.



### 2.1.4.3.3. Evaluación de la energía solar disponible para ACS + calefacción

#### 2.1.4.3.3.1. Energía disponible

Una vez realizado los cálculos de necesidades energéticas de la instalación, es necesario conocer la cantidad de energía solar que el sol nos aporta, para poder conocer la cobertura solar generada frente a nuestra demanda de energía.

La energía disponible en un emplazamiento determinado se puede evaluar a partir de medidas de radiación en el lugar de la instalación, evaluando la radiación a partir de otras instalaciones próximas, haciendo valores estadísticos basados en medidas de estaciones meteorológicas.

Los datos de radiación que utilizare, son los del atlas de radiación solar en Cataluña, editado por el instituto catalán de energía del departamento de trabajo, industria, comercio y turismo.

El atlas de radiación solar de Cataluña ofrece datos de irradiación solar global diaria sobre superficies inclinadas y con diferentes orientaciones, en nuestro caso tendremos en cuenta los datos para **azimut 0**.

En la siguiente tabla podemos observar los datos para **azimut 0**.

**Tabla 87.** Radiación solar global diaria sobre superficies inclinadas (MJ/m<sup>2</sup>/día) de Barcelona para azimut 0 (Fuente: Atlas de radiación solar en Cataluña; ICAEN, 2000).

Orientació: 0°												
Inclinació	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des Anual
0°	6,80	9,65	13,88	18,54	22,25	24,03	23,37	20,42	16,05	11,40	7,73	6,04 15,04
5°	7,70	10,56	14,72	19,15	22,58	24,21	23,63	20,93	16,85	12,32	8,66	6,94 15,71
10°	8,56	11,41	15,47	19,67	22,78	24,25	23,74	21,31	17,54	13,17	9,55	7,80 16,29
15°	9,37	12,19	16,14	20,07	22,84	24,13	23,70	21,59	18,13	13,95	10,38	8,61 16,78
20°	10,12	12,90	16,70	20,35	22,76	23,87	23,52	21,76	18,61	14,63	11,15	9,37 17,17
25°	10,81	13,52	17,17	20,51	22,60	23,48	23,24	21,80	18,98	15,23	11,85	10,07 17,46
30°	11,43	14,07	17,52	20,54	22,32	23,02	22,86	21,71	19,23	15,73	12,47	10,71 17,65
35°	11,97	14,52	17,77	20,45	21,90	22,43	22,34	21,48	19,36	16,13	13,01	11,28 17,73
40°	12,44	14,88	17,91	20,23	21,35	21,70	21,69	21,12	19,37	16,43	13,47	11,77 17,71
45°	12,83	15,15	17,94	19,89	20,67	20,84	20,90	20,63	19,26	16,63	13,85	12,19 17,58
50°	13,14	15,32	17,86	19,43	19,87	19,86	20,00	20,02	19,03	16,72	14,13	12,53 17,33
55°	13,36	15,40	17,67	18,85	18,95	18,77	18,97	19,29	18,68	16,71	14,32	12,78 16,98
60°	13,49	15,37	17,36	18,16	17,92	17,60	17,84	18,44	18,22	16,59	14,42	12,95 16,53
65°	13,53	15,25	16,95	17,36	16,83	16,41	16,71	17,48	17,65	16,36	14,42	13,04 16,00
70°	13,49	15,03	16,44	16,46	15,70	15,14	15,48	16,43	16,97	16,03	14,33	13,03 15,38
75°	13,35	14,72	15,83	15,47	14,48	13,78	14,18	15,35	16,19	15,60	14,14	12,94 14,67
80°	13,13	14,31	15,12	14,41	13,18	12,36	12,80	14,17	15,31	15,08	13,86	12,77 13,87
85°	12,82	13,81	14,32	13,29	11,82	10,93	11,35	12,93	14,34	14,45	13,50	12,51 13,00
90°	12,43	13,23	13,44	12,11	10,41	9,57	9,99	11,62	13,30	13,74	13,04	12,16 12,08

A partir de esta tabla, observamos 2 datos que hay que tener en cuenta a la hora de escoger el valor de radiación correcto.

### **1. La inclinación de los captadores.**

Para escoger la inclinación óptima seguiremos los criterios siguientes en función de la estación del año de máxima utilización de la instalación:

**La instalación de uso de verano:** Inclinación de los captadores= [Longitud del lugar - 10°] en Cataluña esto supone 30° - 35°.

**La instalación de uso de invierno:** Inclinación de los captadores= [Longitud del lugar + 10°] en Cataluña esto supone 50° - 55°.

**La instalación de uso continuo:** Inclinación de los captadores= [Longitud del lugar + 10°] en Cataluña esto supone 50° - 55°. Los captadores se montaran con inclinación similar a los del invierno porque es la época más desfavorable dada la baja radiación solar disponible.

Nuestra vivienda esta situada a una longitud aproximada de 41°, y como la instalación será de uso continuado se sumaran 10°. Por lo tanto:

**Inclinación de los captadores:  $41^{\circ} + 10^{\circ} = 51^{\circ} \rightarrow 50^{\circ}$**

### **2. El mes del año.**

En las tablas aparecen datos de radiación del día medio de cada uno de los 12 meses del año. Por lo tanto, la mejor opción es hacer un cálculo de necesidades y de superficie de captadores para cada uno de los meses y después elegir la superficie más interesante a efectos técnicos y económicos.

Hay que tener en cuenta que la radiación solar que hay en las tablas corresponde a medidas realizadas con aparatos de precisión. La instalación solar no puede aprovechar el 100% de esta radiación, ya que el vidrio de la cubierta del captador plano tiene un índice de reflexión de la radiación en función del ángulo de incidencia. Este efecto hace que la radiación solar de primeras y últimas horas del día sea reflejada casi totalmente ya que la intensidad de radiación es muy baja (inferior a 200 W/m<sup>2</sup>). La mayoría de los procesos de cálculo han establecido en un 6% el valor medio de radiación no aprovechable por los captadores solares a causa de este efecto.

### 2.1.4.3.3.2. Radiación solar efectiva

Por lo tanto, la radiación solar efectiva es:

$$R_{efectiva} = 0,94 \cdot R_{diaria} \cdot d$$

Donde:

$R_{efectiva}$  : Radiación efectiva (MJ/m<sup>2</sup>mes)

0,94: Factor de conversión para eliminar el 6% residual

$R_{diaria}$  : Radiación solar global diaria sobre superficies inclinadas (MJ/m<sup>2</sup>día)

$d$  : Días de cada mes

A partir de la tabla obtenemos los valores de radiación a 50° de inclinación a Azimut 0. Y aplicando la reducción del 6% sobre la radiación global correspondiente a las horas del día (salida y puesta del sol) con valores de radiación inferiores a los mínimos aprovechable por los captadores obtenemos los valores siguientes:

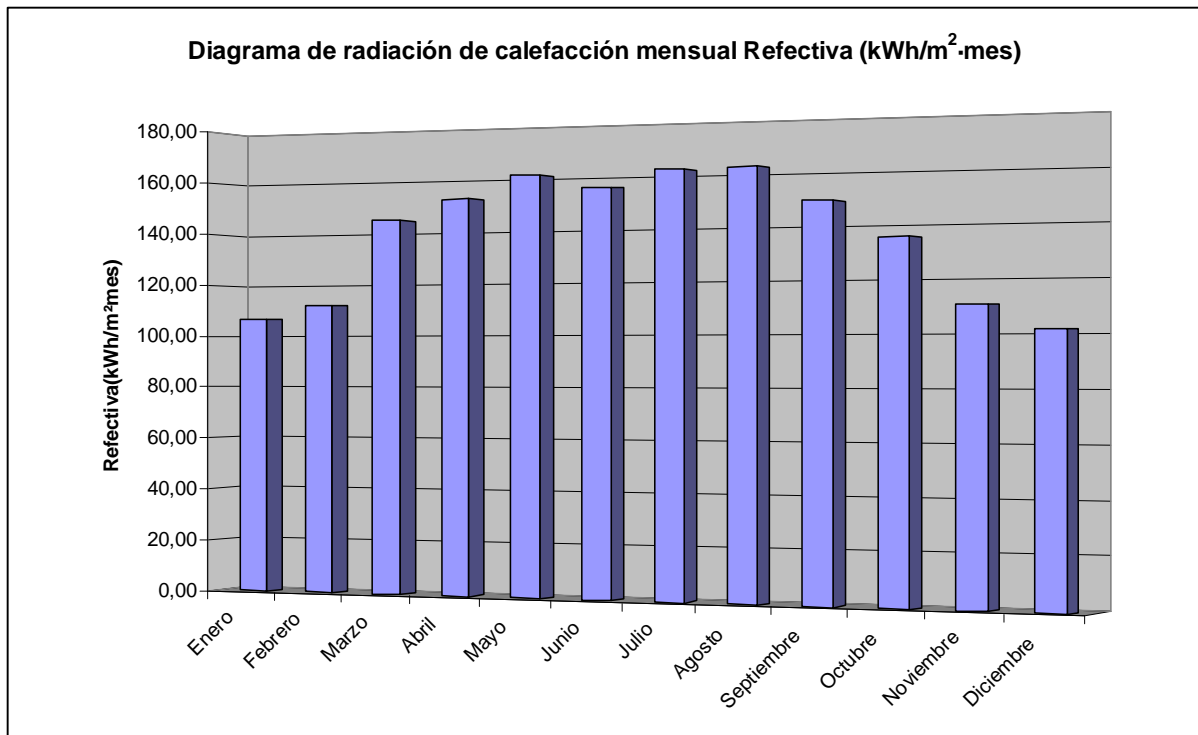
**Tabla 88.** Radiación solar global diaria sobre superficies inclinadas (MJ/m<sup>2</sup>/día) de Barcelona para azimut 0 (Fuente: Atlas de radiación solar en Cataluña; ICAEN, 2000).

	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>Rdiaria (MJ/m<sup>2</sup>día)</b>	13,14	15,32	17,86	19,43	19,87	19,86	20	20,02	19,03	16,72	14,13	12,53
<b>Rdiaria (kWh/m<sup>2</sup>día)</b>	3,65	4,26	4,96	5,40	5,52	5,52	5,56	5,56	5,29	4,64	3,93	3,48

**Tabla 89.** Radiación efectiva de cada mes.

Mes	0,94	Rdiaria (MJ/m <sup>2</sup> día)	Días	Refectiva(MJ/m <sup>2</sup> mes)	Refectiva(kWh/m <sup>2</sup> mes)
<b>Enero</b>	0,94	13,14	31	382,90	106,36
<b>Febrero</b>	0,94	15,32	28	403,22	112,01
<b>Marzo</b>	0,94	17,86	31	520,44	144,57
<b>Abril</b>	0,94	19,43	30	547,93	152,20
<b>Mayo</b>	0,94	19,87	31	579,01	160,84
<b>Junio</b>	0,94	19,86	30	560,05	155,57
<b>Julio</b>	0,94	20,00	31	582,80	161,89
<b>Agosto</b>	0,94	20,02	31	583,38	162,05
<b>Septiembre</b>	0,94	19,03	30	536,65	149,07
<b>Octubre</b>	0,94	16,72	31	487,22	135,34
<b>Noviembre</b>	0,94	14,13	30	398,47	110,69
<b>Diciembre</b>	0,94	12,53	31	365,12	101,42

En la siguiente grafica podemos apreciar mejor la variación de la radiación a lo largo del año:



**Figura 67.** Diagrama de radiación efectiva.

#### *2.1.4.3.4. Cálculo de la energía aprovechada por el captador de ACS + calefacción*

De la energía que contiene la radiación neta o aprovechable en un emplazamiento del equipo solar sólo aprovecha una parte. Esta fracción está determinada por el rendimiento y se debe principalmente a las características del captador y las pérdidas de calor en los elementos que forman el circuito.

Del total de radiación que llega al captador, una parte es perdida por reflexión y absorción en el cristal de la cubierta y el resto es captada. La energía captada por el absorbedor produce el calentamiento y por lo tanto una parte de esta energía es reemitida hacia el ambiente en forma de radiación.

La proporción de radiación aprovechada por el captador respecto de la radiación aprovechable queda definida por el rendimiento del captador.

El rendimiento del captador no es un valor fijo, ya que depende de factores que varían durante su funcionamiento: la temperatura media del captador, la temperatura ambiente y la intensidad de radiación solar.

#### 2.1.4.3.4.1. Intensidad de radiación media durante las horas de sol

La intensidad de radiación media durante las horas de sol, se calcula dividiendo la radiación solar global diaria entre la cantidad de horas de sol diarias:

$$I = \frac{1000 \cdot R_{efectiva}}{d \cdot h}$$

Donde:

$I$ : Intensidad de radiación media durante las horas de sol (W/m<sup>2</sup>).

$R_{efectiva}$ : Radiación efectiva

$d$ : Días del mes

$h$ : Horas de luz solar

**Tabla 90.** Horas de luz solar en Cataluña (Fuente: Instituto catalán de meteorología).

Mes	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
h	7,5	8	9	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9	9	8	7

**Tabla 91.** Intensidad de radiación media durante las horas de sol.

Mes	1000	Refectiva(kWh/m <sup>2</sup> mes)	d	h	I (W/m <sup>2</sup> )
<b>Enero</b>	1000	106,36	31	7,50	457,47
<b>Febrero</b>	1000	112,01	28	8,00	500,03
<b>Marzo</b>	1000	144,57	31	9,00	518,16
<b>Abril</b>	1000	152,20	30	9,50	534,04
<b>Mayo</b>	1000	160,84	31	9,50	546,13
<b>Junio</b>	1000	155,57	30	9,50	545,86
<b>Julio</b>	1000	161,89	31	9,50	549,71
<b>Agosto</b>	1000	162,05	31	9,50	550,26
<b>Septiembre</b>	1000	149,07	30	9,00	552,10
<b>Octubre</b>	1000	135,34	31	9,00	485,09
<b>Noviembre</b>	1000	110,69	30	8,00	461,19
<b>Diciembre</b>	1000	101,42	31	7,00	467,39

#### 2.1.4.3.4.2. Rendimiento del captador

Habitualmente, para calcular el rendimiento se utiliza una expresión matemática:

$$\eta = \eta_0 - \alpha_{1A} \cdot \left( \frac{t_m - t_a}{I} \right) - \alpha_{2A} \cdot I \cdot \left( \frac{t_m - t_a}{I} \right)^2$$

Donde:

$\eta$ : Rendimiento medio anual del captador (%)

$\eta_0$ : Rendimiento óptico (72%)

$\alpha_{1A}$ : Coeficiente de pérdida (4,3 W/m<sup>2</sup>·K)

$\alpha_{2A}$ : Coeficiente de pérdida (0,01 W/m<sup>2</sup>·K<sup>2</sup>)

$t_m$ : Temperatura media del captador, generalmente se escoge el mismo valor que el fijado para el agua de consumo 60°C (°C).

$t_a$ : Temperatura ambiente media diurna, durante las horas de sol (°C).

**Tabla 92.** Temperatura ambiente media de Barcelona (Fuente: Instituto catalán de meteorología).

Barcelona	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
<b>Ta (°C)</b>	11	12	14	17	20	24	26	26	24	20	16	12
<b>Ta (°K)</b>	284	285	287	290	293	297	299	299	297	293	289	285

**Tabla 93.** Rendimiento medio anual del captador.

Mes	$\eta_0$ (%)	$\alpha_{1A}$ (W/m <sup>2</sup> ·K)	$\alpha_{2A}$ (W/m <sup>2</sup> ·K <sup>2</sup> )	$t_m$ (°C)	$t_a$ (°C)	I (W/m <sup>2</sup> )	$\eta$
<b>Enero</b>	0,72	4,3	0,01	60	11	457,47	20,69%
<b>Febrero</b>	0,72	4,3	0,01	60	12	500,03	26,11%
<b>Marzo</b>	0,72	4,3	0,01	60	14	518,16	29,74%
<b>Abril</b>	0,72	4,3	0,01	60	17	534,04	33,91%
<b>Mayo</b>	0,72	4,3	0,01	60	20	546,13	37,58%
<b>Junio</b>	0,72	4,3	0,01	60	24	545,86	41,27%
<b>Julio</b>	0,72	4,3	0,01	60	26	549,71	43,30%
<b>Agosto</b>	0,72	4,3	0,01	60	26	550,26	43,33%
<b>Septiembre</b>	0,72	4,3	0,01	60	24	552,10	41,61%
<b>Octubre</b>	0,72	4,3	0,01	60	20	485,09	33,24%
<b>Noviembre</b>	0,72	4,3	0,01	60	16	461,19	26,78%
<b>Diciembre</b>	0,72	4,3	0,01	60	12	467,39	22,91%
<b>Anual</b>							33,37%

Los valores de rendimiento del captador se han expresado en tanto por uno, multiplicando por 100 obtenemos valores porcentuales.

**Rendimiento medio anual del captador: 33,37%**



### 2.1.4.3.4.3. Radiación aprovechada por el captador

Para el cálculo de la radiación aprovechada por el captador utilizaremos la siguiente expresión:

$$R_{\text{captador}} = \eta \cdot R_{\text{efectiva}}$$

Donde:

$R_{\text{captador}}$  :Radiación aprovechada por el captador (kWh/m<sup>2</sup>mes)

$R_{\text{efectiva}}$  :Radiación efectiva (kWh/m<sup>2</sup>mes)

$\eta$  :Rendimiento medio anual del captador (%)

**Tabla 94.** Radiación aprovechada por el captador

Mes	$\eta$	Refectiva(kWh/m <sup>2</sup> mes)	Rcaptador (kWh/m <sup>2</sup> mes)
<b>Enero</b>	0,21	106,36	22,01
<b>Febrero</b>	0,26	112,01	29,25
<b>Marzo</b>	0,30	144,57	43,00
<b>Abril</b>	0,34	152,20	51,62
<b>Mayo</b>	0,38	160,84	60,44
<b>Junio</b>	0,41	155,57	64,20
<b>Julio</b>	0,43	161,89	70,10
<b>Agosto</b>	0,43	162,05	70,22
<b>Septiembre</b>	0,42	149,07	62,03
<b>Octubre</b>	0,33	135,34	44,99
<b>Noviembre</b>	0,27	110,69	29,64
<b>Diciembre</b>	0,23	101,42	23,24

#### *2.1.4.3.5. Dimensionamiento de la superficie de captación requerida para cubrir las necesidades de ACS + calefacción*

##### *2.1.4.3.5.1. Energía aprovechada por el sistema*

Del total de radiación que puede absorber el captador sólo una parte es aprovechada por el usuario en forma de ACS, el resto se pierde en forma de calor residual a través de las paredes del acumulador, las tuberías, las válvulas y la resto de accesorios del circuito.

Evaluar con exactitud estas pérdidas es muy complicado, porque dependen de la temperatura del fluido, ACS en el secundario y fluido caloportador en el primario, así como de la temperatura ambiente, la calidad y el espesor de los aislamientos y su colocación, etc.

Empíricamente se ha establecido un valor de pérdidas generales del sistema que se corresponde bastante con la realidad de las instalaciones en funcionamiento y que es del 10% al 15% de la energía obtenida en el captador.

**Factor de pérdida considerado: 0,85**

Este parámetro nos obligó a hacer una última operación para encontrar la energía aprovechada por el sistema aplicando la reducción correspondiente:

$$Q_a = F_{\text{perdidas}} \cdot R_{\text{captador}}$$

Donde:

$Q_a$  :Energía aprovechada por el sistema (kWh/m<sup>2</sup>mes)

$F_{\text{perdidas}}$  :Factor de perdidas considerado (0,85)

$R_{\text{captador}}$  : Radiación aprovechada por el captador (kWh/m<sup>2</sup>mes)

**Tabla 95.** Energía aprovechada por el sistema.

<b>Mes</b>	<b>F<sub>perdidas</sub></b>	<b>Rcaptador (kWh/m<sup>2</sup>mes)</b>	<b>Q<sub>a</sub>(kWh/m<sup>2</sup>mes)</b>
<b>Enero</b>	0,85	22,01	18,71
<b>Febrero</b>	0,85	29,25	24,86
<b>Marzo</b>	0,85	43,00	36,55
<b>Abril</b>	0,85	51,62	43,88
<b>Mayo</b>	0,85	60,44	51,37
<b>Junio</b>	0,85	64,20	54,57
<b>Julio</b>	0,85	70,10	59,58
<b>Agosto</b>	0,85	70,22	59,68
<b>Septiembre</b>	0,85	62,03	52,73
<b>Octubre</b>	0,85	44,99	38,24
<b>Noviembre</b>	0,85	29,64	25,19
<b>Diciembre</b>	0,85	23,24	19,75
<b>Media anual</b>	0,85	47,56	40,43

### 2.1.4.3.5.2. Cálculo de la superficie de captación

La superficie de captación para cubrir la totalidad de la demanda mensual prevista se limita a la realización de un simple cociente y multiplicar el resultado por la contribución solar mínima de la instalación.

$$S_{\text{captación}} = C_{\text{solar}} \cdot \left( \frac{Q_m}{Q_a} \right)$$

Donde:

$S_{\text{captación}}$  : Superficie de captación necesaria (m<sup>2</sup>)

$C_{\text{solar}}$  : Contribución solar mínima (50%)

$Q_m$  : Energía total de la instalación (energía de consumo) (kWh/mes)

$Q_a$  : Energía aprovechada por el sistema (kWh/m<sup>2</sup>mes)

**Tabla 96.** Superficie de captación necesaria.

Mes	C <sub>solar</sub>	Q <sub>m</sub> (kWh/mes)	Q <sub>a</sub> (kWh/m <sup>2</sup> mes)	S <sub>captación</sub> (m <sup>2</sup> )
<b>Enero</b>	0,5	912,46	18,71	24,39
<b>Febrero</b>	0,5	790,91	24,86	15,91
<b>Marzo</b>	0,5	768,65	36,55	10,52
<b>Abril</b>	0,5	551,73	43,88	6,29
<b>Mayo</b>	0,5	275,50	51,37	2,68
<b>Junio</b>	0,5	188,25	54,57	1,72
<b>Julio</b>	0,5	190,22	59,58	1,60
<b>Agosto</b>	0,5	194,53	59,68	1,63
<b>Septiembre</b>	0,5	192,50	52,73	1,83
<b>Octubre</b>	0,5	263,39	38,24	3,44
<b>Noviembre</b>	0,5	619,76	25,19	12,30
<b>Diciembre</b>	0,5	857,88	19,75	21,72

### 2.1.4.3.6. Numero de captadores a instalar para ACS

$$N^{\circ}_{\text{captadores}} = \frac{S_{\text{captación}}}{S_{\text{captador}}}$$

Donde:

$N^{\circ}_{\text{captadores}}$  : Numero de captadores a instalar

$S_{\text{captación}}$  : Superficie de captación necesaria (m<sup>2</sup>)

$S_{\text{captador}}$  : Superficie del captador (m<sup>2</sup>)

**Tabla 97.** Numero de captadores.

Mes	$S_{\text{captación}} \text{ (m}^2\text{)}$	$S_{\text{captador}} \text{ (m}^2\text{)}$	$N^{\circ}_{\text{captadores}}$	$N^{\circ}_{\text{captadores}}$
<b>Enero</b>	24,39	2,63	9,27	10
<b>Febrero</b>	15,91	2,63	6,05	7
<b>Marzo</b>	10,52	2,63	4,00	4
<b>Abril</b>	6,29	2,63	2,39	3
<b>Mayo</b>	2,68	2,63	1,02	2
<b>Junio</b>	1,72	2,63	0,66	1
<b>Julio</b>	1,60	2,63	0,61	1
<b>Agosto</b>	1,63	2,63	0,62	1
<b>Septiembre</b>	1,83	2,63	0,69	1
<b>Octubre</b>	3,44	2,63	1,31	2
<b>Noviembre</b>	12,30	2,63	4,68	5
<b>Diciembre</b>	21,72	2,63	8,26	9

Cogemos le caso mas desfavorable para nuestra casa unifamiliar, en este caso cogemos 10 captadores.

**Numero de captadores para ACS + calefacción: 10 captadores**

*2.1.4.3.7. Elección del volumen de acumulación de ACS + calefacción*

*2.1.4.3.7.1. Elección del interacumulador de ACS + calefacción*

El interacumulador de ACS, será de 300 litros al igual que el interacumulador de calefacción, ya que se harán una instalación de ACS y otra de calefacción, una paralela a la otra.

#### *2.1.4.4. Otros componentes de la instalación solar térmica*

##### *2.1.4.4.1. Circuito primario*

##### *2.1.4.4.1.1. Tuberías de la instalación*

Las tuberías serán de cobre, y como criterio de diseño, se ha escogido un caudal de agua de 60l/h para cada m<sup>2</sup> de captador.

Calculamos el caudal de diseño:

$$C = N^{\circ}_{\text{captadores}} \bullet S_{\text{captador}} \bullet 1l / \text{min} \cdot m^2$$

Donde:

$C$  : Caudal que circula por el circuito primario (l/m)

$N^{\circ}_{\text{captadores}}$  : Numero de captadores

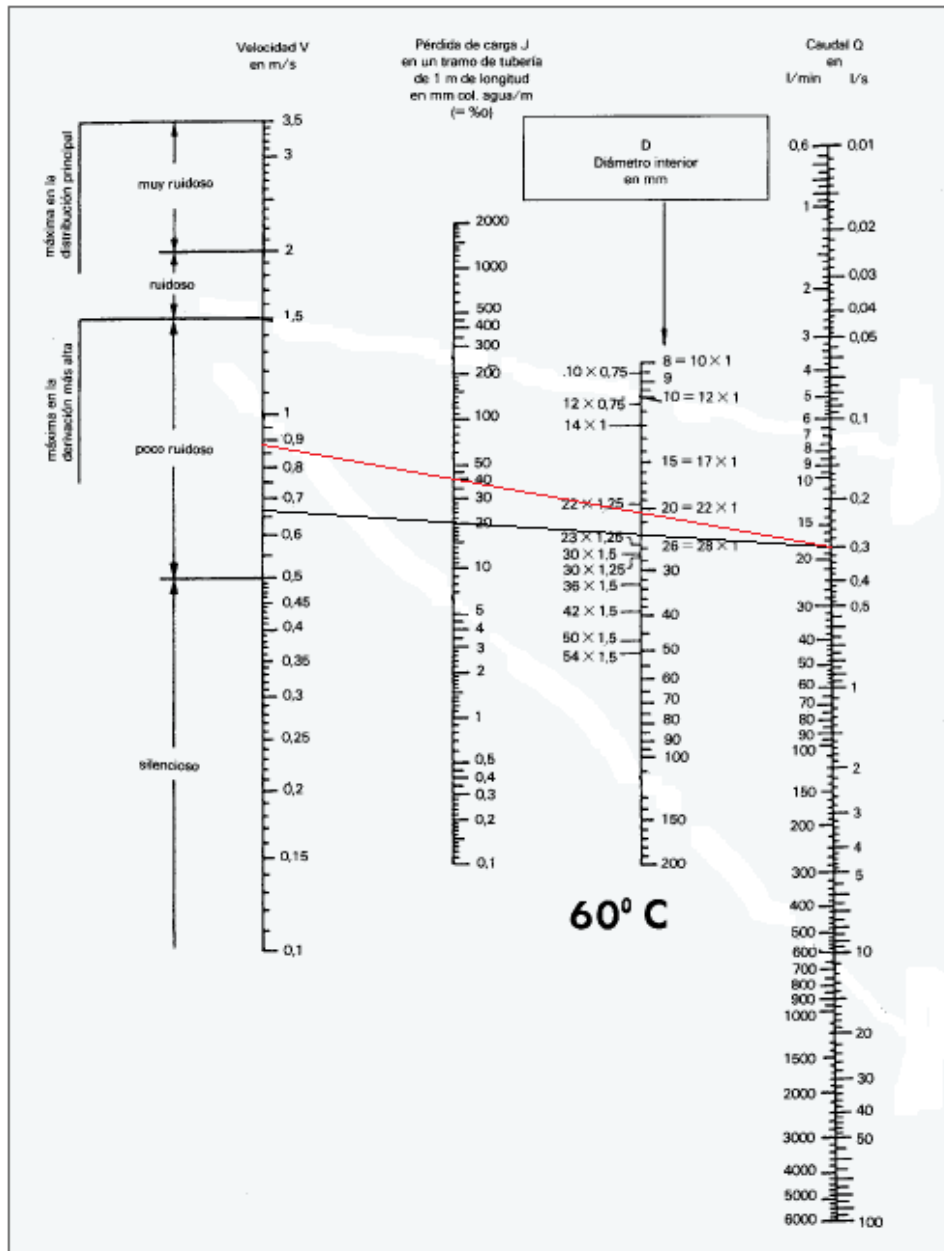
$S_{\text{captador}}$  : Superficie del captador (m<sup>2</sup>)

$$C = N^{\circ}_{\text{captadores}} \bullet S_{\text{captador}} \bullet 1l / \text{min} \cdot m^2 = 7 \bullet 2,63 \bullet 1 = 18,41l / m$$

El caudal que circula por el circuito primario es de 18,41l/m

$$C : 18,41l / m$$

Una vez conocido el caudal que circula por el circuito primario, se marca en la columna de la derecha (caudal) del ábaco (figura) y marcamos los valores de pérdida de carga máxima admisible entre 20 y 40 mm de cda (columna de agua), una vez tenemos los punto marcados sobre la columna correspondiente trazamos una línea recta.



**Figura 68.** Ábaco de cálculo para tuberías de pared lisa y temperatura de fluido de 60°C.  
(Fuente: Instituciones hidrosanitarias, editado por paraninfo)



Hay que recortar que el diámetro obtenido en el ábaco corresponde al interior de la tubería que hay que montar, normalmente este valor no coincide con los normalizados fabricados, por tanto habrá que comprobar el valor de pérdida de carga que deberíamos hacer servir el diámetro estándar mas cercano uniendo este valor con el caudal de diseño y prolongamos la línea hasta cortar el grafico de perdidas de carga.

El diámetro interior para el caudal recomendado es de 20 mm, ya que no es un diámetro de tubería normalizado cogemos el de 22x1 mm, como podemos ver en la tabla siguiente:

**Tabla 98. Diámetro de tuberías.**

*Taula 6.- Relació de diàmetres nominals estàndards i espessors per a les canonades de coure.*

Diàmetre exterior nominal [mm]	Espessor de la paret de la canonada [mm]		
	0,75	1	1,2
	Diàmetre interior resultant [mm]		
8	6,5	6	
10	8,5	8	
12	10,5	10	
15	13,5	13	
18	16,5	16	
22		20	19,6
28		26	25,6
35		33	32,6
42		40	39,6

Font: NIA, Norma d'Instal·lacions d'Aigua.

De la tabla anterior seleccionamos el diámetro exterior de las tuberías.

**Diámetro exterior nominal: 22x1 mm**

#### 2.1.4.4.1.2. Aislamiento de la instalación

##### 2.1.4.4.1.2.1. Generalidades

Los componentes de la instalación (equipos, aparatos, conducciones y accesorios) dispondrán de un aislamiento térmico con el espesor de 20 mm ya que por su interior, el fluido pasa a una temperatura superior a los 40°C, tal y como dice la el apéndice 03.1 del RITE.

##### 2.1.4.4.1.2.2. Espesores mínimos en interior

El espesor del aislamiento térmico dependerá de la siguiente tabla para las tuberías y los accesorios.

**Tabla 99.** Espesor interior.

*Taula 7.- Gruix dels aïllaments per a canonades interiors en funció de la temperatura de treball i el diàmetre de la canonada per un fluid calent.*

Diàmetre exterior canonada (mm) <sup>(1)</sup>	Temperatura del fluid (°C) <sup>(2)</sup>			
	40 a 65	66 a 100	101 a 150	151 a 200
$D \leq 35$	20	20	30	40
$35 < D \leq 60$	20	30	40	40
$60 < D \leq 90$	30	30	40	50
$90 < D \leq 140$	30	40	50	50
$140 < D$	30	40	50	60

(1) Diàmetre exterior de la canonada sense aïllar.

(2) S'escull la temperatura màxima de xarxa.

Font: "Reglamento de Instalaciones Térmicas en los Edificios" RITE.

Se aislara el circuito de agua caliente hasta el interacumulador con un espesor de aislamiento en el interior de 20 mm.

**Espesor de las tuberías en el interior: 20 mm**

#### *2.1.4.4.1.2.3. Espesores mínimos en exterior*

Cuando los componentes estén instalados al exterior, el espesor indicado será incrementado, como mínimo, en 10 mm.

Se aislara el circuito de agua caliente hasta el interacumulador con un espesor de aislamiento en el exterior de 30 mm.

**Espesor de las tuberías en el exterior: 30 mm**

### 2.1.4.4.1.3. Circulador o bomba de circulación

Es el elemento encargado de mover el fluido del circuito.

Teniendo en cuenta el caudal.

$$C : 18,4 \text{ l/m} \rightarrow C : 1104,6 \text{ l/h} \rightarrow C : 1,1046 \text{ m}^3/\text{h}$$

Y las pérdidas de carga lineal, que son de 20 mm de cda por metro de tubería, y teniendo en cuenta la longitud de las tuberías que son de 35 metros, buscamos las perdidas.

$$P_{\text{carga}} = E_{\text{interiores}} \bullet L = 20 \text{ mm de cda} \bullet 35 \text{ m} = 700 \text{ mm de cda}$$

Y las pérdidas de accesorios, que son un 30% de las pérdidas de carga lineal.

$$P_{\text{accesorios}} = P_{\text{carga}} \bullet 30\% = 700 \text{ mm de cda} \bullet 30\% = 210 \text{ mm de cda}$$

Las pérdidas totales son la suma de las 2 perdidas.

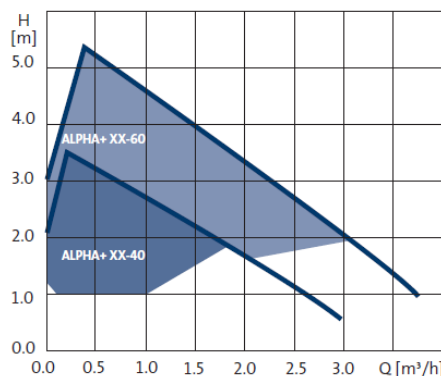
$$P_{\text{total}} = P_{\text{carga}} \bullet P_{\text{accesorios}} = 700 \text{ mm de cda} \bullet 210 \text{ mm de cda} = 910 \text{ mm de cda}$$

$$P_{\text{total}} : 910 \text{ mm de cda} \rightarrow P_{\text{total}} : 0,91 \text{ m de cda}$$

Con estos datos buscaremos un circulador o bomba de circulación que se adapte a nuestros valores:

$$Q : C : 1,1046 \text{ m}^3/\text{h} \quad H = P_{\text{total}} = 0,91 \text{ m de cda}$$

En la siguiente figura, podemos observar el circulador o bomba de circulación que mejor se adapta a nuestra instalación.



**Figura 69.** Curva características de la bomba de circulación ALPHA+ (Fuente: [www.grundfos.com](http://www.grundfos.com)).

#### *2.1.4.4.1.4. Intercambiador de calor*

El intercambiador de calor es el elemento de la instalación encargado de transferir el calor generado de los captadores al agua del depósito mediante el movimiento forzado del fluido termóforo sin que se haga mezcla de los 2 fluidos, es decir, con separación física del fluido que circula por el circuito primario del fluido de uso al circuito secundario o de consumo.

Los interacumuladores tienen el intercambiador de calor en su interior del tipo serpentina.

El intercambiador de calor que mejor se adapta a la instalación es de la marca VIESMANN modelo VITOTRANS 100 admite temperaturas de hasta 200°C, tiene una capacidad de 3,32 litros.

#### 2.1.4.4.1.5. Vaso de expansión

El vaso de expansión es uno de los elementos que asegura el correcto funcionamiento de la instalación. Es básicamente un depósito que contrarresta las variaciones de volumen y presión que se produce en un circuito cerrado cuando el fluido aumenta o disminuye de temperatura.

Esta situado en la parte mas alta de todo el circuito, y lleva una válvula de seguridad de 3Kgf/cm<sup>2</sup> o 3 bares teniendo en cuenta la Instrucción técnica 02.8.4. del RITE.

Para calcular su volumen tendremos en cuenta la siguiente expresión:

$$V : C_{cp} \cdot (0,2 + 0,01 \cdot H)$$

Donde:

$V$  : Vaso de expansión (L)

$V_{cp}$  : Volumen del líquido en el circuito primario (L)

$H$  : Altura máxima (15 m)

Para calcular  $V_{cp}$  tendremos en cuenta la siguiente expresión:

$$V_{cp} = V_{captador} + V_{tuberías} + V_{int\ intercambiador}$$

Donde:

$V_{cp}$  : Volumen del líquido en el circuito primario (L)

$V_{captador}$  : Volumen de los captadores (L)

$V_{tuberías}$  : Volumen de las tuberías (L)

$V_{int\ intercambiador}$  : Volumen del intercambiador de calor (L)

$V_{captador} : N^{\circ}_{captadores} \cdot V_{captador} = 10 \cdot 1,31 = 13,1 \text{ litros}$

$V_{tuberías} : m \cdot \left( \frac{\pi \cdot 0,016 m^2}{4} \right) = 35 m \cdot \left( \frac{\pi \cdot 0,016 m^2}{4} \right) = 0,0221 m^3 = 22,1 \text{ litros}$

$V_{int\ intercambiador} : 3,32 \text{ litros}$

$$V_{cp} = V_{captador} + V_{tuberias} + V_{int\ ercambiador} = 13,1litros + 22,1litros + 3,32 = 38,52litros$$

El vaso de expansión ha de ser como mínimo de 38,52 litros.

Hemos cogido un vaso de expansión de la marca rotorpump modelo pressurewave PWB40V de 40 litros.

#### 2.1.4.4.1.6. Disipador o aéreotermo

El disipador lo utilizaremos para disipar los excesos de energía producido por los captadores, sobre todo en verano. Según el CTE se deben adoptar medidas preventivas para evitar sobrecalentamientos en la instalación solar térmica.

La disipación se realiza dejando pasar el fluido caloportador del circuito primario a través de tubos de cobre con aletas enfriadas por el aire.

Buscaremos la potencia disipadora para determinar el disipador necesario.

Se ha de coger el mes mas desfavorable, es decir, el mes que tenga mas exceso energético, que en nuestro caso es el mes de agosto con una radiación efectiva mensual de 583,38 MJ/m<sup>2</sup>·mes.

Con este valor pasaremos a calcular la potencia disipada en agosto, teniendo en cuenta la siguiente expresión:

$$Q_{sistema} = R_{efectiva} \cdot N^{\circ}_{captador} \cdot S_{captador}$$

Donde:

$Q_{sistema}$  :Energía aprovechada por el sistema (MJ/mes)

$R_{efectiva}$  :

$N^{\circ}_{captador}$  :

$S_{captador}$  :

$$Q_{sistema} = R_{efectiva} \cdot N^{\circ}_{captador} \cdot S_{captador} = 538,38 \cdot 10 \cdot 2,63 = 14159,39 MJ / mes$$

d

$$Q_m = 700,29 MJ / mes$$

Buscamos el cubrimiento energético.

$$C_{energetico} = \left( \frac{Q_{sistema}}{Q_m} \right) \cdot 100$$



$$C_{\text{energetico}} = \left( \frac{Q_{\text{sistema}}}{Q_m} \right) \cdot 100 = \left( \frac{14159,39}{700,29} \right) \cdot 100 = 2021,93\%$$

Ahora calculamos la energía a disipar:

$$Q_{\text{disipar}} = Q_{\text{sistema}} - Q_m = 14159,39 - 700,29 = 13459,1 \text{ MJ / mes}$$

La potencia a disipar:

$$P_{\text{disipar}} = 13459,1 \frac{\text{MJ}}{\text{mes}} \cdot \frac{10^6 \text{ J}}{1 \text{ MJ}} \cdot \frac{1 \text{ mes}}{30 \text{ días}} \cdot \frac{1 \text{ día}}{9,5 \text{ h de sol}} \cdot \frac{1 \text{ h}}{3600 \text{ s}} = 584,79 \frac{\text{J}}{\text{s}} \rightarrow 584,79 \text{ W}$$

La potencia a disipar es de 0,584kW.

$$P_{\text{disipar}} = 0,584 \text{ kW}$$


Hemos cogido el disipador de 6,6kW de la marca BTU modelo AB122/4.



Escola Universitària d'Enginyeria  
Tècnica Industrial de Barcelona  
Consorci Escola Industrial de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

## Anexos B (Componentes)



# “PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA, DOMÓTICA Y CON APOYO SOLAR PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR”

PFC presentado para optar al título de Ingeniero  
Técnico Industrial especialidad **ELECTRICIDAD**  
por **Carlos Jiménez Delgado**

Barcelona, 11 de Enero de 2012

Tutor proyecto: Serafín Iglesias Méndez  
Departamento de Ingeniería Eléctrica (D 709)  
Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)

## ÍNDICE ANEXO B (COMPONENTES)

Índice anexo B (componentes) .....	131
<b>Capítulo 1: Componentes eléctricos.....</b>	<b>133</b>
1.1. Control de la vivienda.....	134
1.1.1. Elección del material.....	134
1.1.2. Componentes básicos que forman parte de la instalación y sus características .....	134
1.1.2.1. Cocina y lavadero .....	134
1.1.2.2. En los halls .....	138
1.1.2.3. En la piscina .....	139
1.1.3. Iluminación .....	140
<b>Capítulo 2: Componentes domóticos.....</b>	<b>143</b>
2.1. Control de la vivienda.....	144
2.2. Funcionalidades que a de ofrecer la instalación domótica .....	144
2.3. Componentes básicos que forman parte de la instalación .....	145
2.3.1. Bus (cable).....	145
2.3.2. Fuentes de alimentación.....	146
2.3.3. Conectores .....	147
2.4. Componentes de sistema .....	148
2.4.1. Acoplador al bus .....	148
2.4.2. Interface de comunicación.....	149
2.5. Dispositivos EIB.....	150
2.5.1. Sensores.....	150
2.5.1.1. 2.5.1.1. Pulsadores.....	150
2.5.1.2. Entradas binarias.....	152
2.5.1.3. Detectores de presencia .....	153
2.5.1.4. Detector de luminosidad .....	155
2.5.2. Actuadores .....	157
2.5.2.1. Actuador binario.....	157
2.5.2.2. Actuador de persianas.....	159
2.5.2.3. Actuador de persianas de 2 canales .....	160
2.5.2.4. Actuador de climatización .....	161
2.5.3. Otros elementos.....	163
2.5.3.1. Alarma (sirena) .....	163

2.5.3.2.	Sensor de humos .....	163
2.5.3.3.	Sensor de gas .....	164
2.5.3.4.	Sensor de humedad .....	165
2.5.3.5.	Pantalla de comando .....	166
<b>Capítulo 3: Componentes solar térmicos .....</b>		<b>167</b>
3.1.	Componentes .....	168
3.1.1.	Captador solar térmico .....	168
3.1.2.	Circuito primario .....	169
3.1.2.1.	Fluido termóforo .....	169
3.1.2.2.	Circulador o bomba de circulación .....	170
3.1.2.3.	Intercambiador de calor .....	172
3.1.2.4.	Vaso de expansión .....	173
3.1.2.5.	Disipador o aereotermo .....	174
3.1.3.	Circuito secundario .....	175
3.1.3.1.	Interacumulador .....	175
3.1.3.2.	Sistema auxiliar .....	176
3.1.3.2.1.	Caldera modular .....	176
3.1.3.3.	Sistema de regulación .....	177
3.1.3.4.	Radiadores .....	178
3.1.3.5.	Otros componentes de la instalación .....	179
3.1.3.5.1.	Soporte de los captadores .....	179
3.1.3.5.2.	Válvulas de seguridad .....	180
3.1.3.5.3.	Válvula de 3 vías con servomotor .....	181

# **CAPÍTULO 1: COMPONENTES ELÉCTRICOS**

## 1.1. Control de la vivienda

### 1.1.1. Elección del material

Según los objetivos que se nos pide en este proyecto, tenemos que mirar los materiales posibles y adaptarlos adecuadamente en función a nuestras necesidades.

La vivienda ira dotada de todos lo aparatos eléctricos que suele llevar una vivienda unifamiliar.

### 1.1.2. Componentes básicos que forman parte de la instalación y sus características

#### 1.1.2.1. Cocina y lavadero

##### **Lavadora-secadora**

Las características y componente son los siguientes:



**Figura 70.** Características de la secadora-lavadora (Fuente: [www.merkaelectronic.com](http://www.merkaelectronic.com)).

### **Caldera modular**

Estas calderas electrónicas Gabarrón, modelo CMX-15P son totalmente silenciosas gracias a su tecnología basada en TRIACS. Además, poseen un funcionamiento modulante que combinado con un buen cronotermostato exterior, adaptan la potencia de calefacción a las necesidades de la instalación logrando la máxima eficiencia energética y una gran economía en el consumo.

La potencia máxima es limitable a cualquiera de los escalones de modulación.

Los distintos sensores de temperatura, caudal y consumo garantizan un funcionamiento seguro y cómodo.

La cuba de acero inoxidable en los modelos CMX garantiza una larga vida libre de corrosión, evitando revisiones y sustituciones periódicas de ánodos.

Su potencia máxima es de 15Kw y la mínima de 3Kw.



**Figura 71.** Caldera modular modelos CMX (Fuente: [www.climatome.com](http://www.climatome.com)).

## **Lavavajillas**

### LAVAVAJILLAS TEKA LPX 827 BLANCO

#### Características del artículo

- SEGURIDAD ANTIDESBORDAMIENTO
- CONSUMO MAXIMO DE AGUA (LITROS): 15
- CONSUMO MAXIMO ELECTRICIDAD (KW./H.): 1,05
- NIVEL DE RUIDO (dB): 52
- PROGRAMA RAPIDO
- AQUA STOP
- DURACIÓN DEL CICLO (MIN): 162
- TENSION (V): 220-240
- FRECUENCIA (Hz): 50
- POTENCIA NOMINAL (W): 1.950
- INTENSIDAD (A): 10
- EFICACIA DE LAVADO: " A "
- EFICACIA DE SECADO: " A "
- CLASIFICACIÓN ENÉRGICA: " A "

#### Dimensiones

ALTO x ANCHO x PROFUNDO (en milímetros)=850 x 600 x 600



**Figura 72.** Lavavajillas (Fuente: [www.merkaelectronic.com](http://www.merkaelectronic.com)).



## **Horno**

HORNO TEKA HC-490ME N

Características del artículo

POTENCIA (WATIOS): 2.575

POTENCIA DEL GRILL/GRILL DOBLE (WATIOS): 1.400

CAPACIDAD INTERIOR (LITROS): 56

TERMOSTATO (GRADOS): 50-250

POTENCIA CONVECCIÓN (W): 2.250

POTENCIA SOLERA (W): 1.150

TENSIÓN (V): 230

FRECUENCIA (Hz): 50

TERMOSTATO DE SEGURIDAD

CLASIFICACIÓN ENERGÉTICA: "A"

Dimensiones

ALTO x ANCHO x PROFUNDO (en milímetros)= 595 x 595 x 532

Las características y prestaciones descritas en esta ficha están sujetas a estándares de fabricación pudiendo sufrir alteraciones o modificaciones sin aviso previo, así como posibles errores tipográficos.



**Figura 73.** Horno (Fuente: [www.merkaelectronic.com](http://www.merkaelectronic.com)).

### 1.1.2.2. En los halls

#### Aire acondicionado

##### Serie MSZ-FD

Inverter

MODELO		MSZ-FD50VA BLANCA / PLATA	
UNIDAD INTERIOR		MSZ-FD50VA	
UNIDAD EXTERIOR		MUZ-FD50VA	
Función		FRÍO	CALOR
Capacidad	kW	5,0	5,8
	kCal/h	4.300	4.988
Consumo Total		1,500	1,550
Coeficiente Eficacia Energética		3,33	3,74
Etiquetado Energético		A	A
Unidad Interior	Nivel sonoro <sup>(1)</sup> dB (A)	45 / 39 / 29	43 / 37 / 27
	Dimensiones <sup>(2)</sup> mm	798 / 257 / 295	
Unidad Exterior	Nivel sonoro <sup>(1)</sup> dB (A)	54	56
	Dimensiones <sup>(2)</sup> mm	840 / 330 / 850	

##### Serie MSZ-FD



**Figura 74.** Aire acondicionado (Fuente: [www.mitsubichi.com](http://www.mitsubichi.com)).

### *1.1.2.3. En la piscina*

#### **Bomba de piscina 1 cv monofásica**

Características Técnicas:

Cuerpo bomba y soportes en plástico termoendurecido, eje motor e insertos totalmente en acero inoxidable, impulsor en policarbonato con carga de fibra de vidrio y difusor en polipropileno. Filtro con tapa transparente y cesto. Motor protección IP55 con motoprotector térmico.

Aplicaciones:

Recirculación y filtración de agua en piscinas medianas y grandes. Ideal para piscinas de 45m<sup>3</sup> y filtro de diametro 600

Potencia = 400W



**Figura 75.** Bomba (Fuente: [www.quimipool.com](http://www.quimipool.com))

### *1.1.3. Iluminación*

A continuación se detalla las luminarias utilizadas en la vivienda unifamiliar, las cuales serán controladas demóticamente.

- Aplique exterior estanco de bajo consumo con lámparas 2GX13 de 22W. Se usará en el muro perimétrico del jardín y en la entrada de la vivienda.



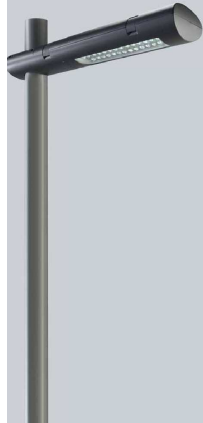
**Figura 76.** *Aplique de exterior de 22W.*

- Aplique de bajo consumo con lámparas tipo 2G7 de 11W de la marca Philips. Se usará principalmente en pasillos y escaleras.



**Figura 77.** *Aplique de bajo consumo.*

- Farola de led de bajo consumo 56W de la marca PROMENADE LEDA . Se usará principalmente para los jardines.



**Figura 78.** Farola de led

Lámpara tipo led de 7,5W, de la marca Philips. Se utilizará en los exteriores de la vivienda.



**Figura 79.** Lámpara led

Plafón fluorescente con lámpara tipo TL5 circular/2G13 de 60W, de la marca Philips. Se utilizará en salones, comedores, habitaciones, y balcón.



**Figura 80.** Plafón fluorescente.

Focos de led con nicho de 60w tipo par56, de la marca lumiplus. Se utilizaran en la piscina.



**Figura 81.** Foco de led.

# **CAPÍTULO 2: COMPONENTES DEMÓTICOS**

## 2.1. Control de la vivienda

### **Elección del material**

Según los objetivos que se nos pide en este proyecto, tenemos que mirar los materiales posibles y adaptarlos adecuadamente en función a nuestras necesidades.

Se instalará un módulo central con pantalla para poder ver los elementos activados, este elemento estará situado en el armario de control en el vestíbulo, donde además se ubicará la fuente de alimentación y los actuadores correspondientes a los sensores instalados.

La modificación de parámetros y programación de los diferentes dispositivos de la instalación se harán mediante PC.

## 2.2. Funcionalidades que a de ofrecer la instalación domótica

A continuación se detallan las funcionalidades mínimas que nos ofrecerá la instalación en la vivienda:

- Sistema de seguridad perimetral contra la intrusión.
- Sistema de aire acondicionado que mantendrá la temperatura de la primera y segunda planta entre 20/24 grados.
- Sistema de recogida de toldos, los cuales se recogerán automáticamente cuando llueva o haga viento.
- Sistema de iluminación exterior, la cual se activará cuando se haga de noche, manteniendo un grado de iluminación equivalente al de seguridad.
- Sistema de iluminación del garaje, el cual se apagará automáticamente al cabo de 5 minutos que no se detecte movimiento.
- Sistema de seguridad con sensores de humos y gases en cocina.
- Sistema de seguridad con sensores de humedad en cocina y baños.



## 2.3. Componentes básicos que forman parte de la instalación

Los componentes básicos son elementos que siempre forman parte de una instalación EIB (European installation bus).

### 2.3.1. Bus (cable)

El cable que forma el bus, es un par trenzado con doble apantallamiento, un plástico y otro metálico, que permiten la instalación conjunta de bus y la red eléctrica de 230V.

El cable estándar utilizado generalmente contiene dos partes: una dedicada a la transmisión de la señal y el segundo que puede ser utilizado para servicios completamente de alimentación y que, en general, no se utiliza.

La codificación de colores de este cable es la siguiente:

- Negro: Terminal “-” del bus EIB.
- Rojo: Terminal “+” del bus EIB.
- Gris y amarillo: Terminales reservadas para otras aplicaciones.

Los empalmes de los mecanismos del bus con este se realizan a través de conectores para elementos del bus que permiten realizar las conexiones sin tornillos.

El hecho de que el cable bus sea un par trenzado doble del cual solo se van a usar dos hilos implica la posibilidad de tener un par de reserva para posibles usos adicionales de la transmisión de información.

### 2.3.2. Fuentes de alimentación

Los componentes del sistema EIB funcionan a 24V.

#### Descripción de sus funciones:

La fuente de alimentación de 640mA proporciona una tensión estable para la alimentación del Instabus EIB. Puede alimentar un total de 64 componentes, suponiendo que el consumo medio sea de 10mA por cada una. La principal novedad que incorpora este modelo es la posibilidad de alimentar hasta 2 líneas de bus, siempre que no se supere la cantidad total de aparatos permitidos para la fuente. Esto es posible porque cuenta con dos salidas filtradas independientes, denominadas BUS1 y BUS2. También cuenta con una salida de 30V DC sin filtrar, al igual que los anteriores modelos, mediante el cual se puede alimentar una línea de jerarquía superior, disponiendo de un filtro inductor y un conector de 4 fases montado convenientemente.

Esta fuente se conecta al bus mediante terminales de conexión, lo que elimina la necesidad de utilizar perfil de datos y conector, y está también protegida contra cortocircuitos y sobrecargas en el bus. Dispone además de un conmutador de Reset independiente para cada una de las salidas del bus. Este conmutador deberá estar accionado por lo menos durante 20 segundos para garantizar su función.

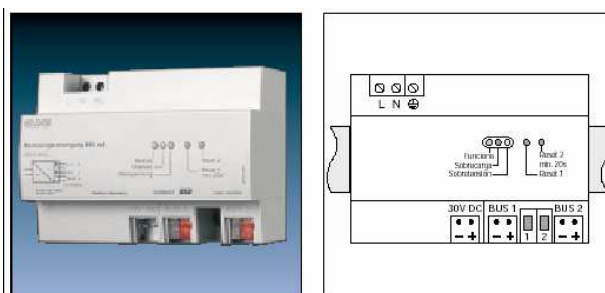
Esta fuente dispone de 5 LEDs que nos informan sobre el estado de la misma:

- LED rojo: cortocircuito en la línea de bus, o número excesivo de consumidores (sobrecarga).
- LED verde: funcionamiento normal.
- LED amarillo: indica que en el bus se registra una tensión superior a 31V DC. En este caso desconectar el bus inmediatamente, y eliminar la causa.
- LED rojo: al accionar el conmutador correspondiente los dispositivos de bus conectados a la línea quedan desactivados, y la línea de bus en estado libre potencial (RESET).

La máxima separación entre un dispositivo de bus y la fuente es de 350 metros.

#### Características técnicas:

- Alimentación de entrada Tensión: des de 161 V hasta 264 V AC, 50 / 60 Hz. Desde 176 V hasta 270 V DC.
- Pérdidas: < 5 W en condiciones normales.
- Corte de tensión: hasta a 100 ms.
- Conexión: con cable de hasta a 2,5 mm<sup>2</sup>.
- Salidas filtradas:
- Cantidad: 2 (BUS 1 y BUS 2).
- Tensión: entre 28 V DC y 31 V DC, SELV.
- Conexión: al bus EIB, mediante terminales conexión.
- Salida no filtrada "30 V DC":
- Tensión: entre 28 V DC y 31 V DC, SELV.
- Conexión: mediante terminales conexión.
- Corriente total: 640 mA entre las tres salidas.
- Protección: IP 20.
- Homologado según: EIB.
- Temperatura ambiente: -5°C hasta +45°C.
- Temperatura transporte: -25°C hasta +75°C.
- Fijación: al carril DIN.



**Figura 82.** Fuente de alimentación.

### 2.3.3. Conectores

Los conectores que hemos utilizado son los que conectan la caja de distribución de la domótica con el cable bus.

## 2.4. Componentes de sistema

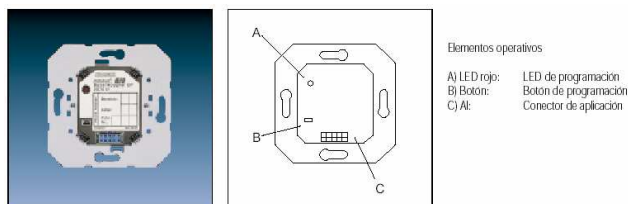
Los componentes del sistema son aquellos que soportan operaciones básicas y que implementan el protocolo EIB. En este proyecto solo hemos utilizado los acopladores de bus y el interface de comunicación RS-232.

### 2.4.1. Acoplador al bus

Este componente materializa la conexión entre el bus EIB y el módulo de aplicación. Este modulo puede ser de tipo sensor o actuador, y siempre debe estar conectado al acoplador. El acoplador analiza el telegrama que le llega del bus, y le transmite al módulo de aplicación en forma de orden, a través del conector que los une. Con la ayuda del pulsador i el LED de programación se asigna la dirección física a este dispositivo.

#### Características técnicas:

- Alimentación instabus EIB.
- Alimentación: 24 V DC (+6 V / -4 V).
- Consumo: máx. 100mW (150mW con módulo de aplicación).
- Conexión: Al instabus, mediante terminales de conexión.
- Observaciones (al conector AST).
- Tensión de salida: 5 V DC + 0,4 V; 24 V DC (+6 V / -4 V).
- Potencia de salida: 50 mW (máx.).
- Estanqueidad: IP 20.
- Temperatura ambiente: -5°C hasta +45°C.
- Temperatura de transporte: -40°C hasta +55°C.



**Figura 82.** Acoplador

#### **2.4.2. Interface de comunicación**

A través de un conector SUB D de 9 polos, permite a este dispositivo conectar el sistema a un PC. A través de esta entrada serie, se puede programar, parametrizar, direccional o diagnosticar cualquier dispositivo de bus, además de controlar el sistema mediante el programa de visualización

##### **Características técnicas:**

- Entrada.
- Cantidad: 1.
- Conexión: Conector SUB D 9 polos.
- Estanqueidad: IP 20.
- Aislamiento eléctrico: según norma DIN VDE 0160.
- Temperatura ambiente: -5°C hasta +45°C.
- Fijación: al carril DIN.



**Figura 83.** Interface

## 2.5. Dispositivos EIB

En general los dispositivos con capacidad de comunicación con posibilidad de enviar y recibir telegramas, que forman una instalación EIB se les denomina genéricamente mecanismos, dispositivos o componentes EIB. Básicamente existen dos tipos fundamentales de estos mecanismos: los sensores y los actuadores.

En general estos dispositivos están formados por dos elementos, que pueden estar integrados en un único módulo o formar elementos independientes: el acoplador de bus y el aparato final de bus o módulo Terminal.

### *2.5.1. Sensores*

Los sensores son los mecanismos de entrada de información del sistema. Los utilizados en este proyecto son:

- Pulsadores
- Entradas binarias
- Detector de presencia
- Detector de luminosidad

#### *2.5.1.1. Pulsadores*

Los sensores pulsadores pueden enviar telegramas de control de conexión, iluminación y persianas, a los actuadores EIB. Bajo cada pulsador oscilante hay dos contactos y un LED que puede encenderse (rojo o verde, dependiendo de la función). En nuestra instalación se han usado sensores pulsadores de: 4 canales (ref. 9622 ABB), 2 canales (ref. 9602 ABB) y 1 canal (ref. 9601 ABB). El número de canales determina las cargas que se pueden controlar.

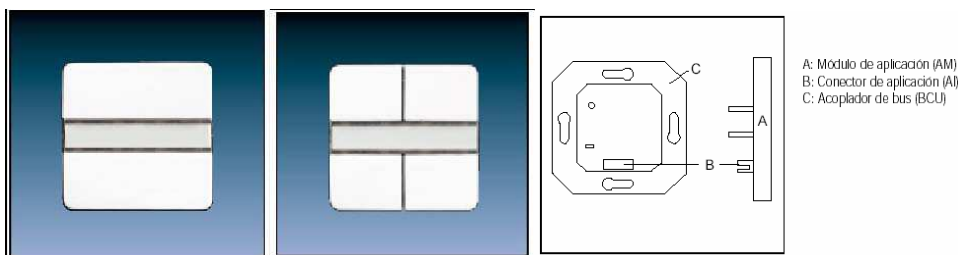
El teclado pulsador de 1 o 2 fase debe ir siempre conectado a un acoplador de bus (UP-BA). Dependiendo del software, el pulsador envía un determinado telegrama al bus cuando se pulsa una determinada tecla. Este puede provocar un telegrama de accionamiento, regulación de iluminación y control de persianas. Dos o tres LEDs que incorpora nos permiten saber su funcionamiento y su estado.

**Aplicaciones:**

- Accionar con control de envío.
- Accionar con control de estado.
- Persiana.
- Regular.
- Envío de valores.
- Accionar/alternar.
- Regular/persiana.
- Accionar/regular.
- Accionar/persiana.

**Características técnicas:**

- Alimentación: 24 V DC (+6 V / -4 V) a través del UP-BA.
- Consumo: máx. 150 mW.
- Conexión: conector de 2 x 5 polos.
- Aislamiento eléctrico: Según V VDE 0829 Teil 230.
- Comportamiento enfrente un fallo de tensión: Los objetos cogen valor cero. Los LEDs se apagan. No envían ningún telegrama. Comportamiento enfrente la vuelta de tensión: Los objetos se quedan con valor cero. El LED siguen apagados. No se envía ningún telegrama.
- Temperatura ambiente: -5°C hasta +45°C.
- Temperatura de transporte i almacenaje: -25°C hasta +75°C.



**Figura 84. Pulsador**

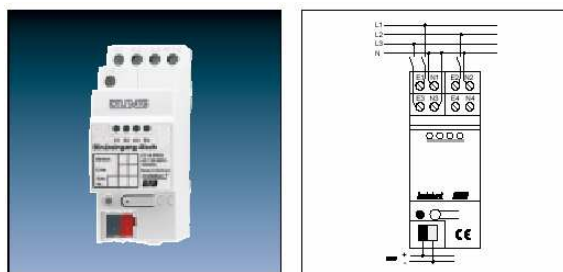
### 2.5.1.2. Entradas binarias

Esta entrada envía telegramas al bus, en función de las señales de 230V que recibe por sus dos o cuatro entradas. Estos telegramas pueden ser de accionamiento, regulación, control de persianas, enviar valores de 1 o 2 bytes, o auxiliar de escenas. A través de los parámetros de su aplicación universal podemos definir independientemente para cada canal la función a realizar.

Las entradas 1 y 2 pueden ser parametrizadas también para actuar como contador de impulsos o de accionamiento.

#### Características técnicas:

- Alimentación: A través del EIB (24 V DC (+6 V / -4 V))
- Conexión al EIB: Mediante terminales de conexión
- Montaje: En carril DIN. (No necesita perfil de datos)
- Entradas: 2, 4
- Tensión: 110 V ... 230 V AC  $\pm$  10 %; 50 / 60Hz
- Corriente: Aprox. 7 mA a 230 V AC por entrada
- Consumo por canal: Aprox. 1,6 VA a 230 V AC por canal
- Duración del impulso para el contador: min: 200 ms
- Reconocimiento de señal:
- Señal "0": 0 .. 70 V AC
- Señal "1": > 90 V AC



**Figura 85.** Entradas binarias



### *2.5.1.3. Detectores de presencia*

El detector de movimiento de instabus debe ir montado sobre un acoplador de bus empotrable. Este dispositivo reacciona a los cambios de temperatura que se producen dentro de su campo de acción, como por ejemplo el movimiento de personas, y en función de él y su programación envía telegramas de accionamiento.

Actúa en dos planos distintos, y tiene un campo de detección de 10x12 metros, en el modelo de altura de montaje de 1,1 metros, y de 12x12 metros en el modelo de altura de montaje de 2,2 metros. Mediante una máscara se puede reducir el ángulo de detección a 180°.

Si se necesita ampliar el campo de detección, se pueden poder combinar más detectores. Uno de ellos trabajará como principal, que será el encargado de enviar telegramas a los actuadores, mientras que los otros serán auxiliares, y la única misión será la de enviar información al detector principal.

Es capaz de enviar al bus telegramas de 1 byte, que permitirán, por ejemplo, hacer una escena luminosa al detectar movimiento.

Dispone de tres potenciómetros externos para ajustar manualmente la luminosidad, sensibilidad y retraso, además de un selector de modo de funcionamiento (ON/AUTO/OFF).

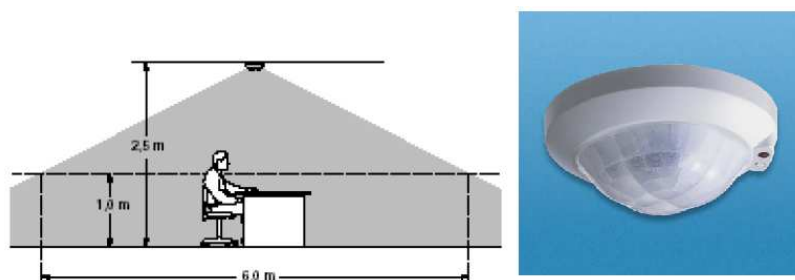
Además del modo de funcionamiento para utilizarlo estrictamente como accionador de luces (en el caso del garaje), dispone de la posibilidad de hacerlo funcionar como detector de alarmas.

En nuestro caso será utilizado para que se encienda la luz en la zona del garaje, con un total de 4 detectores de presencia, los cuales serán tratados sus parámetros para que al cabo de cinco minutos de no detectar movimiento la luz se apague.

#### Características técnicas:

- Alimentación: 24 V DC (+6 V / -4 V), a través de acoplador de bus
- Consumo: máx. 110 mW
- Conexión: conector de 2 x 5 pin

- Número de lentes/planos: 28/2
- Protección: IP 20
- Tensión de aislamiento: según norma V VDE 0829 parte 230
- Comportamiento a la falta de alimentación: No envía ningún telegrama
- Comportamiento después del regreso de la alimentación: Envía valor 0 i permanece inactivo durante 80 segundos.
- Temperatura de trabajo: de  $-5^{\circ}\text{C}$  hasta  $+45^{\circ}\text{C}$
- Posición de montaje: Preferiblemente vertical, con el conector AST en la parte inferior.



**Figura 86.** *Detector de presencia.*

#### **2.5.1.4. Detector de luminosidad**

En función del nivel de luminosidad ambiente, este sensor envía al bus telegramas de accionamiento, regulación o monitorización.

El dispositivo consta de un sensor de luz que va unido al dispositivo codificador mediante un cable de 2 metros de longitud.

El decodificador lee el actual nivel de luz ambiental a través del sensor y ajusta la iluminación a un nivel constante según consigna.

Esta es una de sus aplicaciones, pero tiene otras bastante importante como es la de encender un grupo de luces cuando el valor medido este entre dos valores específicos (la utilizaremos para activar las luces del exterior).

Sus parámetros permiten fijar ciclos de histéresis, temporizaciones, cantidad de telegramas enviados y funciones de bloqueo.

Aplicaciones:

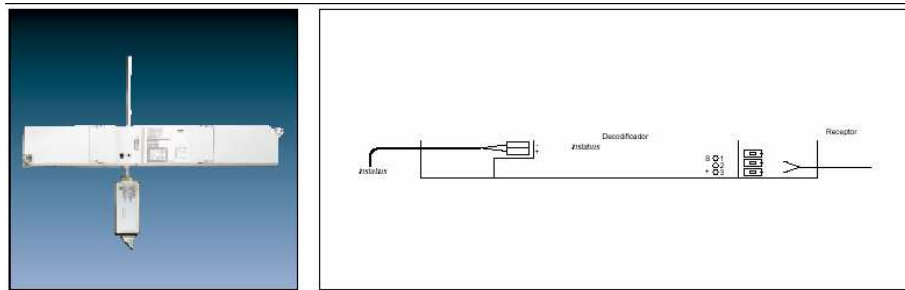
- Calibrar.
- Control de luz constante.
- Control a 2 puntos.
- Transmisión de valor de luminosidad.

En nuestro caso será utilizado para el alumbrado exterior, que se activará automáticamente cuando se haga de noche, manteniendo un grado de iluminación equivalente al de seguridad. Para que el detector realice esta función se programará sus parámetros adecuadamente para que realice la función asignada.

Características técnicas:

- Alimentación: A través del instabus 24 V DC (+6 V / -4 V)
- Consumo: máx. 120 mW
- Conexión: Al instabus EIB mediante terminal de conexión
- Entrada
- Número de entradas: 1u
- Tensión de señal: entre 0 y 2,8 VDC (analógica)

- Rango luminoso: 0 – 2000 lux
- Duración de la señal: luz continua
- Longitud del cable: máx. 2 metros
- Protección: IP 20 / II
- Temperatura de trabajo: de  $-5^{\circ}\text{C}$  hasta  $+45^{\circ}\text{C}$
- Temperatura de transporte:  $-40^{\circ}\text{C}$  hasta  $+55^{\circ}\text{C}$
- Montaje: En superficie o falso techo
- Dimensiones: 42 x 28 x 274 mm (unidad de control)



**Figura 87.** *Detector de luminosidad*

## **2.5.2. Actuadores**

Los actuadores son los mecanismos del sistema que actúan con el exterior. Los actuadores utilizados en este proyecto son:

- Actuador binario.
- Actuador de persiana/actuador de 2 persianas (se utilizará para los toldos)
- Actuador de climatización.

### **2.5.2.1. Actuador binario**

Este actuador recibe telegramas a través de bus, y en función de ellos cierra sus contactos de salida libres de potencial. Estos contactos pueden funcionar en modos normalmente abiertos o cerrados, según la parametrización. Dependiendo de los parámetros configurados, cada una de sus dos, cuatro o seis salidas pueden ser accionadas directamente, con retrasos a la conexión o desconexión, a modo de impulso temporal, o bien se le puede asociar una función lógica de reenviar el estado. También permite funciones de bloqueo condicional de los canales y de posición forzada.

#### **Características técnicas:**

- Alimentación: 24 V DC (+6V / -4V) a través del BCU
- Consumo: 150 mW
- Conexión al bus: terminales de conexión EIB
- Salidas
- Número: 2, 4, 6
- Tipos: potencial libre
- Tensión nominal: 230 V AC
- Corriente máxima: 16 A (carga óhmica)
- Potencia: 2500 W incandescencia
- 2500 W halógenos 230 V
- 500 VA halógenos b.v.
- 2500 VA fluorescencia, sin compensar

- 2 x 2500 W fluorescencia, dual
- 1300 W (140  $\mu$ F) fluorescencia
- 1600 W lámparas Dúplex sin compensar
- Protección: IP 20
- Tensión de aislamiento: según norma VDE 0660 T 102
- Temperatura ambiente: – 5°C hasta +45°C
- Montaje: En carril DIN



**Figura 88.** Actuadores binarios

### *2.5.2.2. Actuador de persianas*

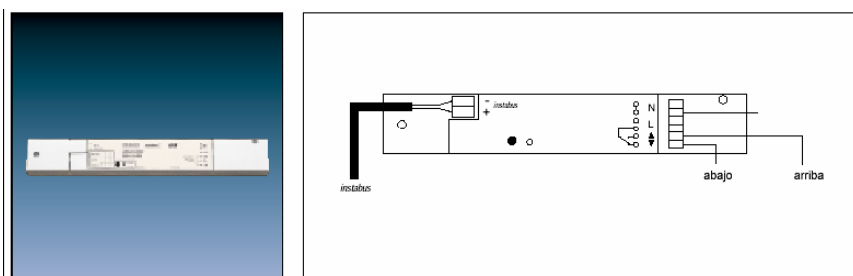
Este actuador recibe telegramas del instabus, y en función de estos puede gobernar una persiana que tenga conectada a la salida. Permite subir y bajar la persiana, como regular sus levas.

Mediante los parámetros se pueden activar funciones auxiliares, tales como bajada de seguridad en caso de tormentas (utilizaremos esta función para los toldos).

En caso de tener que alimentar dos persianas a la vez, habrá que poner un relé separador.

#### Características técnicas:

- Alimentación: A través del instabus (24 V DC +6 V / -4 V)
- Consumo: máx. 150 mW
- Conexión: Al instabus EIB mediante terminal conexión
- Salidas: 1
- Comportamiento: 1 contacte doble persiana
- Tensión nominal: 230 V AC
- Corriente máxima: 10 A (per a 1 sol motor, de máx. 1000 VA)
- Tensión de aislamiento: según norma V VDE 0829 parte 230
- Temperatura de funcionamiento: -5°C hasta +45°C
- Temperatura de almacenamiento: -25°C hasta +75°C
- Dimensiones: 39,5 x 28,5 x 278,6 mm



**Figura 89.** Actuadores de persianas

### 2.5.2.3. Actuador de persianas de 2 canales

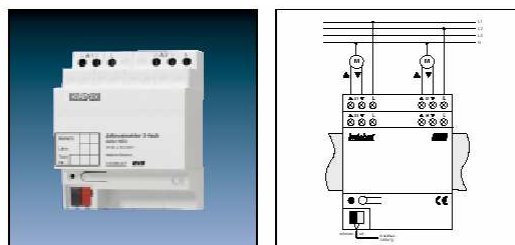
Este actuador recibe telegramas del bus y en función de ellos es capaz de manejar hasta 2 motores de persianas totalmente independientes (utilizaremos este para los dos toldos que tiene la casa).

En todo lo demás es igual al actuador anteriormente mencionado.

En nuestro caso será el utilizado para gobernar los dos toldos del exterior con sus respectivos motores, los cuales irán conectados a una pequeña estación de meteorología, para cumplir las características adecuadas.

#### Características técnicas:

- Alimentación: 24 V DC (+6V / -4V) a través del BCU
- Consumo: típico 120 mW, máx. 390 mW
- Conexión al bus: terminales de conexión EIB
- salidas
- Número: 2
- Tipos: potencial libre, normalmente abiertos
- Tensión nominal: 230 V AC
- Corriente máxima: 6 A (carga óhmica)
- Protección: IP 20
- Tensión de aislamiento: según norma VDE 0106 T 101
- Temperatura ambiente: -5°C hasta +45°C
- Montaje: En carril DIN



**Figura 90.** Actuadores de persianas de 2 canales.



#### **2.5.2.4. Actuador de climatización**

Este modelo de actuador esta especialmente diseñado para el control de cabezal electotérmicos en instalaciones de calefacción y aire acondicionado. Dispone de 1 salida electrónica en Triac, que es capaz de controlar el cabezal sin ruido alguno, en función de los telegramas que vienen por el EIB.

El actuador es capaz de detectar sobrecargas o cortocircuitos en la salida, en este caso desconectará la salida, además de enviar al bus un telegrama según los parámetros. Dispone de estado de posición forzada y de posición de alarma en caso de fallida del termostato, caída de la tensión el bus.

Lo utilizaremos para graduar la temperatura de las dos plantas de la vivienda unifamiliar (aire acondicionado) a una temperatura entre 20/24 grados dependiendo de los meses del año.

##### **Características técnicas:**

- Alimentación: 24 V DC (+6V / -4V) a través del bus
- 230-240 V AC  $\pm$  10 %, 50 / 60 Hz
- Consumo: 125 mW
- Conexión al bus: terminales de conexión EIB
- Salidas
- Número: 1
- Tipos: Triac
- Tensión nominal: 230 V AC
- Corriente nominal: 50 mA por salida
- Corriente al conectar: pico máx. 1,5 A
- Carga mínima: 1 Cabezal, 2 W
- Número de cabezales: Hasta 4 por salida, incluido de diferentes fabricantes.
- Conexión: a caracol (hasta 2,5 mm<sup>2</sup>)
- Protección: IP 20

- Tensión de aislamiento: según norma VDE 0660 T 102
- Temperatura ambiente:  $-5^{\circ}\text{C}$  hasta  $+45^{\circ}\text{C}$
- Montaje: En carril DIN



**Figura 91.** Actuadores de climatización.

### *2.5.3. Otros elementos*

#### *2.5.3.1. Alarma (sirena)*

La sirena exterior será de ABS, autoalimentado y autoprotegida tamper pared. 1 altavoz piezoeléctrico. Leds rojo y verde indicadores de funcionamiento correcto. Disparo por presencia de negativo. Potencia 114 dB. Alimentación 12 VDC Nominal, consumo 350 mA.



**Figura 92.** Alarma

#### *2.5.3.2. Sensor de humos*

##### **Detector de incendios AP 256**

El detector de incendios con acoplador de bus integrado se emplea para la detección rápida de incendios en edificios donde no se ha prescrito un sistema de aviso de incendios según la normativa actual.

De construcción modular, es decir, se compone de un zócalo con acoplador de bus integrado y la cabeza del detector, la cual puede ser extraída por ejemplo para el mantenimiento y tareas de reparación.

A través del bus se envían alarmas de humo y de calor así como el valor actual de la temperatura.

Además, se avisa de modo automático si el detector está defectuoso o sucio y si está separado del zócalo.

Tipo: 5WG1 256-3AB01



**Figura 93.** Sensor de humos

### 2.5.3.3. Sensor de gas

#### **Sensor/detector de gas natural/butano/propano**

Se ubicará en la cocina para detectar alguna posible fuga de gas.

#### Características técnicas:

- Oxidación catalítica, detección por emanación.
- Tecnología SMD a microprocesador.
- Autorearmable.
- Alimentación: de 8 a 18Vcc.
- Consumo en reposo / alarma: (12V) 80 mA / 110 mA..
- Indicación de alarma: Señal visual y acústica (50db).
- Salida de alarma:
- Relé N.C. (libre de potencial)
- Relé N.A. (conmuta a la salida, la tensión de alimentación)
- Alta sensibilidad: LIE (límite inferior de explosión).
- 600 a 12500 p.p.m. 0,06-1,25% LIE (Gas NATURAL/METANO).
- 600 a 4500 p.p.m. 0,06-0,45% LIE (Gas BUTANO/PROPANO).
- Humedad relativa: 10 a 95% (sin condensación).
- Medidas reducidas: 110mm x 73mm x 37mm.
- Material carcasa: ABS.
- Certificaciones: CE y TÜV.



**Figura 94.** Sensor de gas

#### *2.5.3.4. Sensor de humedad*

##### **Sensor/detector de inundación infrarroja para domótica.**

###### Características técnicas:

- Función: Detección de inundación agua y líquidos inflamables.
- Tipo de sensor: LED infrarrojo. (sin contacto eléctrico).
- Aplicaciones: huso doméstico e industrial, especial líquidos peligrosos.
- Nivel de líquido para la alarma: 3 mm.
- Alimentación: 12VDC.
- Salida a Relé: contactos N.A. (500mA/24VDC).
- Autorearmable.
- Temperatura de trabajo: -5º a +60º.
- Alarma visual: NO.
- Alarma sonora: NO.
- Protección: IP-65.
- Material chasis: metálico.
- Longitud del cable: 5 metros.
- Peso: 110 gr.
- Diámetro: 35 mm.
- Certificado CE.



**Figura 95.** *Sensor de humedad.*

### 2.5.3.5. Pantalla de comando

#### **Panel táctil visión UP 588**

Panel táctil visión UP 588 de 5,5" (aprox. 14 cm.) medidos en la diagonal. El display está retroiluminado y tiene una resolución de 320 x 240 píxeles. La superficie de manejo está diseñada como una matriz táctil de 10 x 6 campos. Cuando se toca sobre la superficie de manejo, es posible activar un aviso acústico.

En el panel se pueden programar 7 pantallas, con hasta 10 funciones cada una.

Una función se compone de:

- Campo de texto (hasta 10 caracteres)
- Campo de estado en forma de símbolo o texto, y
- Teclado con hasta 2 botones.

Profundidad de montaje en la caja: 53 mm

Dimensiones: 156 x 190 x 58

**Tipo: 5WG1 588-2AB01**

#### **Marco para el panel táctil UP 588**

Aluminio anodizado

Dimensiones: 151 x 186 x 3

Tipo: 5WG1 588-8AB01



**Figura 96.** Pantalla de comando

# **CAPÍTULO 3: COMPONENTES SOLAR TÉRMICOS**

### 3.1. Componentes

### 3.1.1. Captador solar térmico

El captador elegido para la instalación solar térmica es un LH 26 Ti de la casa LKN sistemas. Se puede observar este captador en la Figura .



**Figura 97.** Captador LKN sistemas (Fuente: [www.lknsistemas.com](http://www.lknsistemas.com)).

### Características del captador:

**Figura 101.** Características del captador.

Desde 1977			
Datos técnicos			
DIMENSIONES		Alto x ancho x grueso (mm):	1446x1902x80
SUPERFICIES		Total bruta:	2.78 m <sup>2</sup>
		Apertura útil:	2.63 m <sup>2</sup>
		Absorción:	2.60 m <sup>2</sup>
PESO		En vacío (kg):	71
CERRAMIENTO	SUPERIOR	Cristal flotante de seguridad	Templado de 4 mm
		Junta estanqueidad	Sellado estructural
	MARCO	Perfil aluminio perimetral	Anodizado negro
	POSTERIOR	Lámina acero	Lacado negro
AISLAMIENTO		Lateral (libre CFC)	Poliuretano inyectado 20 mm
		Posterior (libre CFC)	Poliuretano rígido 40 mm
Rendimiento térmico basado en el área del absorbedor:			
Rendimiento óptico * :	$\tau_{DA}$	0.72	
Coefficiente de pérdida * :	$\alpha_{1A}$	4.3 W/m <sup>2</sup> K	
Coefficiente de pérdida * :	$\alpha_{2A}$	0.01 W/m <sup>2</sup> K <sup>2</sup>	
Temperatura estancamiento:		175°C	
ABSORVEDOR		Parrilla tubería cobre	1 mm espesor
		Lámina cobre 0.2 mm	Embutida en parrilla
		Tratamiento superficial	Selectivo Tinox Alto Rendimiento
COEFICIENTES DE ENSAYO		Absorción	$\alpha = 95\% \pm 2\%$
		Emisión	$\epsilon = 5\% \pm 3\%$
CONEXIONES		4 manguitos laterales	Ø: 22 mm
		Racor a compresión	Latón / Teflón
		Capacidad (litros):	2.2
FLUIDO		Tipo:	Agua con glicol y aditivos
		De prueba:	18
PRESIÓN (bar)		Máxima de trabajo:	9
CAUDAL		Recomendado	50 - 85 l/m <sup>2</sup> h
FIJACIÓN		Pestaña perimetral	Acero Inoxidable
		Tornillería	Acero Inoxidable
SOPORTACIÓN		Estructura desmontable	Acero Inoxidable
Caudal kg/min (agua a 20°C ± 2°C):			
		l/m <sup>2</sup> h	Caida presión mbar:
2		47	<1
3		70	1
4		94	2
5		117	3



### *3.1.2. Circuito primario*

Es el que va desde los captadores situados en el tejado de la casa unifamiliar hasta el interacumulador situado en la sala de maquinas, se bajaran 2 tuberías desde el tejado hasta la sala de maquinas, 1 para la ida y 1 para la vuelta del fluido calo portador. Dentro de la sala de maquinas podemos encontrar el circulador o bomba de circulación, el vaso de expansión, el interacumulador y un conjunto de válvulas y termostatos.

#### *3.1.2.1. Fluido termóforo*

El líquido anticongelante elegido para la instalación solar térmica es SOLARFLUID de la casa Basicbath Solar. Se puede observar este líquido anticongelante en la Figura .



**Figura 98.** Líquido anticongelante SOLARFLUID

CARACTERÍSTICAS DE SOLARFLUID -18:

- Concentración propilenglicol en la solución 37 %.
- Punto de ebullición entre +127°C.
- Punto de congelación a -18°C.
- Totalmente biodegradable, evita los depósitos de barro en el circuito refrigerante y es líquido de detección de fugas.
- Disponible en color azul y en formatos de 5L, 25L, 200L y 1000L.

### 3.1.2.2. Circulador o bomba de circulación

El circulador o bomba de circulación es el la encargada de mover el circuito primario.

El circulador o bomba de circulación elegido para la instalación solar térmica es un ALPHA+LH 26 Ti de la casa Grundfos. Se puede observar este circulador o bomba de circulación en la Figura .



**Figura 99.** Circulador o bomba de circulación marca Grundfos

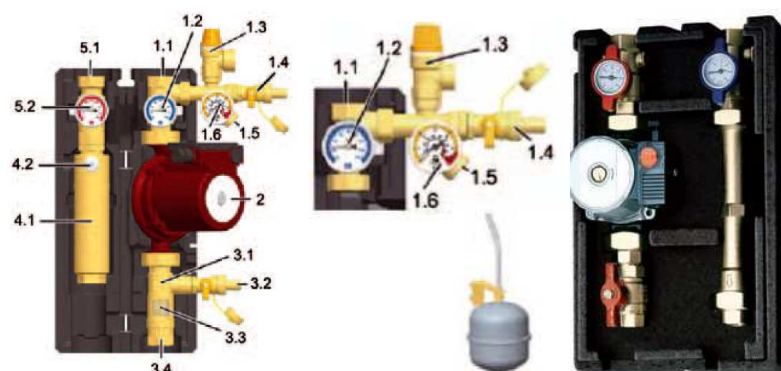
Características del circulador o bomba de circulación.

- Temperatura: +2 a +110 °C
- Presión: PN 10 (10 bar)
- Potencia: 25 W a 90 W
- Velocidad: Variable y fija
- Conexiones: Uniones
- Conexión a conexión: 130 a 180 mm
- Cuerpo de bomba: Fundición, bronce

#### **Accesorios:**

- Conexiones tubería
- Kits de aislamiento

La bomba de circulación va integrada en el Grupo hidráulico de impulsión directa FAR modelo 2171-1180, que lleva incorporado la bomba de circulación ALPHA+LH 26 Ti de la casa Grundfos, el manómetro, el termómetro y sus respectivas valvulas, en la siguiente figura podemos observar estos componentes.



**Figura 100.** Grupo hidráulico de impulsión directa FAR.

Características de este grupo, son las siguientes.

**Figura 101.** Características del grupo hidráulico de impulsión directa FAR.

<b>Dimensiones:</b>	Altura total (con válvula de seguridad)	380 mm
	Altura (aislamiento)	320 mm
	Anchura total	293 mm
	Anchura (aislamiento)	205 mm
	Profundidad	150 mm
	Distancia entre ejes, A/R	100 mm
	Conexiones de tuberías	3/4" rosca interior
	Conexión para vaso de expansión	3/4" rosca exterior, con junta plana
	Salida válvula de seguridad	3/4" rosca interior
<b>Datos de funcionamiento:</b>	Presión máx. admisible	PN 10
	Temperatura máx. de servicio	120°C
	Carga breve	160°C, < 15 minutos
	Contenido máx. de propilenglicol	50%
<b>Equipamiento:</b>	Válvula de seguridad	6 bar
	Manómetro	0-6 bar
	Válvulas de retención	2 x 200 mm c.d.a., regulables
<b>Material:</b>	Valvulería	Latón
	Juntas	EPDM
	Válvulas de retención	Latón
	Aislamiento	EPP, $\lambda = 0,041 \text{ W/(m}^\circ\text{K)}$

### 3.1.2.3. Intercambiador de calor

El intercambiador de calor elegido para la instalación solar térmica es un VITOTRANS 100 de la casa VIESMANN. Se puede observar este intercambiador de calor en la Figura .



**Figura 101.** Intercambiador de calor de la marca VIESMANN

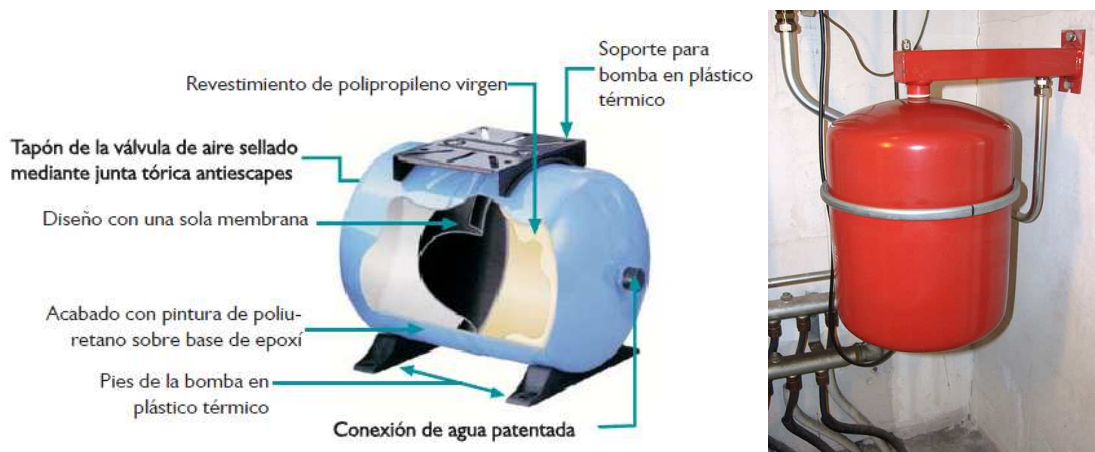
Las características del intercambiado de calor se pueden observar en la siguiente tabla.

**Tabla 102.** Características del intercambiador de calor.

<b>Vitotrans 100</b>	<b>Nº de pedido</b>	<b>3003 485</b>
<b>Medidas sin aislamiento térmico ni uniones roscadas</b>		
Longitud b	mm	100
Anchura d	mm	123
Altura e	mm	172
<b>Dimensiones con aislamiento térmico</b>		
Longitud total c	mm	152
Anchura total f	mm	178
Altura total a	mm	240
<b>Peso</b>	kg	2,4
Intercambiador de calor con aislamiento térmico		
<b>Capacidad</b>	litros	0,27/0,30
primaria/secundaria		
<b>Presión máx. de servicio admisible</b>	bar	30
primaria/secundaria		
<b>Temp. de servicio admisible</b>	°C	130
primaria/secundaria		
<b>Conexiones</b>	G	1¼
primaria/secundaria		

### 3.1.2.4. Vaso de expansión

El vaso de expansión elegido para la instalación solar térmica es un PWB40V de la casa ROTORPUMP. Se puede observar este vaso de expansión en la Figura .



**Figura 102.** Vaso de expansión marca ROTORPUMP.

Las características del vaso de expansión se pueden observar en la siguiente tabla

**Tabla 103.** Características del vaso de expansión

N° de Modelo		Medidas							Volumen		Volumen de embalaje (caja)		Peso de embalaje (caja)	
		A		B		C								
BSP	NPT	cm	pulgadas	cm	pulgadas	cm	pulgadas		litros	galones	m³	pies³	Kg	libras
Modelos verticales con base														
PWB40V	PWB40V	41.9	16.8	38.8	15.5	10.4	4.2	1" BSP/1" NPT Al al codo	40	10.6	0.062	2.18	8.2	18.06

### 3.1.2.5. Disipador o aéreotermo

El disipador elegido para la instalación solar térmica es un AB122/4 de la casa BTU. Se puede observar este disipador en la Figura .



**Figura 103.** Disipador de la marca BTU

Las características del disipador se pueden observar en la siguiente tabla

**Tabla 104.** Características del disipador.

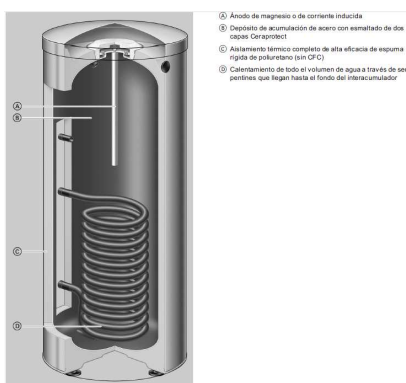
MODELO MODEL	POTENCIA * CAPACITY *		C. AIRE AIR FLOW	TEMP. DE AIRE AIR TEMPERATURE		MOTO VENTILADOR FAN			NIVEL SONORO SOUND LEVEL	PROYECCIÓN - AIR THROW			
				Entrada Inlet	Salida Outlet					(M) Mural - Wall		(T) Techo - Ceiling	
	Altura Height	Alcance Lenght	Altura Height			Área Surface							
	kW	kCal/h	m³/h	°C	°C	W	Ø mm	r.p.m.		dB(A)	m	m	m
AB 122/4	6.6	5.700	660	15	44	46	250	1.300	40	3	5	-	-

### 3.1.3. Circuito secundario

El circuito secundario es el encargado de recibir el calor del circuito primario y repartirlo hasta los puntos de consumo de la vivienda unifamiliar, uno para el consumo de ACS y otro para el consumo de calefacción.

#### 3.1.3.1. Interacumulador

El interacumulador elegido para la instalación solar térmica es un Vitocell 100-V de la casa VIESMANN. Se puede observar este disipador en la Figura .



**Figura 104.** Interacumulador de la marca VIESMANN.

Las características del interacumulador son las siguientes.

- Temperatura de A.C.S. hasta 95 °C.
- Temperatura de impulsión del agua de calefacción hasta 160 °C
- Presión de servicio del circuito primario de caldera hasta 25 bar.
- Presión de servicio del circuito secundario de A.C.S. hasta 10 bar.

**Tabla 105.** Características del interacumulador.

Capacidad del interacumulador			Aislamiento térmico			Espuma blanda de poliuretano			
Número de registro DIN			Dimensiones						
Producción continua con una producción de A.C.S. de 10 a 45 °C y una temperatura de impulsión del agua de calefacción de ... para los caudales de agua de calefacción que se indican debajo	90 °C	kW	53	Longitud (L)	a	mm	850		
		l/h	1302					– Con aislamiento térmico	850
	80 °C	kW	44	– Sin aislamiento térmico	650				
		l/h	1081	Anchura					
	70 °C	kW	33	– Con aislamiento térmico	b	mm	898		
		l/h	811	– Sin aislamiento térmico	837				
	60 °C	kW	23	Altura					
		l/h	565	– Con aislamiento térmico	c	mm	1955		
	50 °C	kW	18	– Sin aislamiento térmico	1844				
		l/h	442	Medida de inclinación					
Producción continua con una producción de A.C.S. de 10 a 60 °C y una temperatura de impulsión del agua de calefacción de ... para los caudales de agua de calefacción que se indican debajo	90 °C	kW	45	– Con aislamiento térmico		mm	—		
		l/h	774	– Sin aislamiento térmico		mm	1860		
	80 °C	kW	34	Altura de montaje		mm	2045		
		l/h	584	Peso total con aislamiento térmico		kg	181		
Caudal de agua de calefacción para las producciones continuas indicadas			m³/h	3,0	Volumen de agua de calefacción			l	12,5
Consumo por disposición q <sub>gs</sub> con una diferencia de temperatura de 45 °C (valores medidos según DIN 4753-8, 500 l: índice normalizado según DIN V 18599)			kWh/ 24 h	2,20	Superficie de transmisión			m²	1,9
					Conexiones				
					Impulsión y retorno del agua de calefacción			R	1
					Agua fría, agua caliente			R	1½
					Recirculación			R	1



### 3.1.3.2. Sistema auxiliar

#### 3.1.3.2.1. Caldera modular

La caldera modular elegida para la instalación solar térmica es un CMX-15P de la casa GABARRÓN. Se puede observar esta caldera modular en la Figura .



**Figura 105.** Caldera modular modelos CMX (Fuente: [www.gabarrón.com](http://www.gabarrón.com))

Las características de la caldera modular son las siguientes.

**Tabla 106.** Características de la caldera modular.

Datos técnicos		CMX15
Peso	kg	70
Calderín de calefacción de acero calorifugado		◆
Acumulador A.C.S. de 50L en acero inoxidable calorifugado	sin CFC	◆
Resistencias blindadas en acero inoxidable INCOLOY800	A.C.S.	◆
Resistencias blindadas en acero inoxidable INCOLOY800	CALEF.	◆
Vaso de expansión calefacción 8L		◆
Vaso de expansión A.C.S. 2L		◆
Regulación electrónica modulante de la calefacción		◆
Regulación electrónica A.C.S.		◆
Display digital		◆
Hidrómetro 0-4 kg/cm <sup>2</sup>		◆
Bomba aceleradora		◆
Purgador automático		◆
Conmutadores de potencia silenciosos TRIACS		◆
Kit suelo radiante		◇



### 3.1.3.3. Sistema de regulación

La regulación del sistema solar se hará mediante el regulador térmico TDC3 de la marca IBERSOLAR, que incluye tres sondas de temperatura PT1000 que se ubicaran en la tubería de salida de los captadores, en el interacumulador y en el circuito de entrada de la calefacción. Se ha elegido este regulador ya que sus características se ajustaban más a nuestras necesidades.

El central termoestática elegido para la instalación solar térmica es un TDC3 de la casa IBERSOLAR. Se puede observar esta central termoestática en la Figura .



**Figura 106.** Central termoestática TDC3 marca IBERSOLAR.

Las características de la caldera modular son las siguientes.

**Tabla 107.** Características de la central termoestática

REFERENCIA	01050100/100445
Tensión de red nominal	230 V 10 % (50-60Hz)
Consumo de energía	2 VA
<b>Potencia de conmutación de los relés</b>	
Relé electrónico (R1)	20 VA-120 VA
Relé mecánico (R2)	460 VA
Protección interna	2 A y 250 V
Protección	IP 40
Sensores	3 x Pt1000
<b>Condiciones ambientales permisibles</b>	
Temperatura regulador	0-40°C
Temperatura de la caja	0-60°C
Humedad	85 % a 25°C
Dimensiones	163 x 110 x 51 mm
Pantalla	128 x 64 pixels
Led	Policromático
Salidas de relé 230V CA conectado/desconectado	1
Relé de control eléctrico de revoluciones	1
Número de programas	15

### 3.1.3.4. Radiadores

Los radiadores elegidos para la instalación solar térmica son un Europa C de la casa FERROLI. Se puede observar esta caldera modular en la Figura .



**Figura 107.** Radiador Europa C marca FERROLI.

Las características de la caldera modular son las siguientes.

**Tabla 108.** Características de los radiadores

EUROPA			450 C	600 C	700 C	800 C	
Emisión térmica según UNE EN 442	At = 50 °C	W	89,2	119,8	137,1	158,0	
		kcal/h	76,7	103,0	117,9	135,8	
	At = 60 °C	W	112,7	152,3	174,3	200,9	
		kcal/h	96,9	131,0	149,8	172,8	
Exponente n			1,27784	1,31869	1,31598	1,32052	
Km			0,601947	0,688627	0,796525	0,901564	
Contenido agua			L	0,31	0,39	0,45	0,50
Peso			kg	1,04	1,34	1,57	1,85
Dimensiones	A	mm	431	581	681	781	
	B	mm	350	500	600	700	
Conexiones	Ø		1"	1"	1"	1"	

### *3.1.3.5. Otros componentes de la instalación*

#### *3.1.3.5.1. Soporte de los captadores*

Los soportes elegidos para la instalación solar térmica son un 2100 de la casa ESCOSOL. Se puede observar este soporte en la Figura .



**Figura 108.** Soporte de fijación marca ESCOSOL

### 3.1.3.5.2. Válvulas de seguridad

Las válvulas de seguridad elegidas para la instalación solar térmica son un AA 03 de la casa SALVADOR ESCODA. Se puede observar esta válvulas en la Figura .



**Figura 109.** Válvula de bola

Dependiendo del tipo de tubería de la instalación pondremos un tipo de válvula de bola, teniendo en cuenta las siguientes medidas y dimensiones.

**Tabla 109.** Medidas y dimensiones de las válvulas de bola.

Rosca	1/4"	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1-1/4"	1-1/2"	2"	2-1/2"	3"	4"
A	39,00	41,50	48,50	56,00	66,50	75,00	85,50	105,50	126,00	151,50	180,00
B	43,00	43,00	49,00	51,00	55,00	70,00	75,00	90,00	112,00	123,00	145,00
C	70,00	70,00	98,00	98,00	111,00	140,00	140,00	152,00	200,00	200,00	250,00
DØ	9,00	9,70	14,50	19,00	24,00	30,00	37,00	48,00	60,50	74,00	93,00
Peso (kg)	0,102	0,110	0,175	0,255	0,420	0,635	0,875	1,525	2,800	3,800	5,600
Uds.Caja	12	12	10	10	5	6	6	2	2	2	2
Código	AA 03 161	AA 03 162	AA 03 163	AA 03 164	AA 03 165	AA 03 166	AA 03 167	AA 03 168	AA 03 169	AA 03 170	AA 03 171

Las características de estas válvulas son:

#### CONSTRUCCIÓN

- Cuerpo: **Latón MS58 cromado**
- Bola: **Latón cromado pulido**
- Anillos de cierre: **Teflón (PTFE)**
- Eje: **Latón**
- Palanca: **Acero plastificado**

#### CONDICIONES DE TRABAJO

- Temperatura máx.: **130°C**
- Presión máxima: **25 Bar**

### *3.1.3.5.3. Válvula de 3 vías con servomotor*

Las válvulas de 3 vías con servomotor elegidas para la instalación solar térmica son un 301020 de la casa ALB SISTEMAS. Se puede observar esta válvulas en la Figura.



**Figura 110.** *Válvula de 3 vías con servomotor marca ALB SISTEMAS*

Las características de esta válvula son las siguientes.

**Tabla 110.** *Características de la válvula de 3 vías con servomotor marca ALB SISTEMAS.*


presión máxima	16 bar
presión diferencial máxima	10 bar
temperatura de operación	-10°C a 100°C
fluidos indicados	agua (con o sin anticongelante)
tamaños	1/2" – 3/4" – 1" – 1-1/4"
conexiones	racores M tres piezas
montaje servomotor	directo



Escola Universitària d'Enginyeria  
Tècnica Industrial de Barcelona  
Consorci Escola Industrial de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

## Anexos C (Presupuestos)



# “PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA, DOMÓTICA Y CON APOYO SOLAR PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR”

PFC presentado para optar al título de Ingeniero  
Técnico Industrial especialidad **ELECTRICIDAD**  
por **Carlos Jiménez Delgado**

Barcelona, 11 de Enero de 2012

Tutor proyecto: Serafín Iglesias Méndez  
Departamento de Ingeniería Eléctrica (D 709)  
Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)

## ÍNDICE ANEXO C (PRESUPUESTOS)

Índice anexo C (PRESUPUESTOS) .....	183
<b>Capítulo 1: Presupuesto instalación eléctrica .....</b>	<b>185</b>
1.1. Instalación de enlace.....	186
1.1.1. Caja general de protección (CPM).....	186
1.1.2. Derivación individual (DI).....	186
1.1.3. Toma de tierra .....	186
1.1.4. Subtotal instalación de enlace .....	186
1.2. Instalación interior .....	187
1.2.1. Dispositivos de protección .....	187
1.2.2. Armarios .....	187
1.2.3. Subtotal instalación interior .....	187
1.3. Cableado y tubos .....	188
1.3.1. Cableado de conductores.....	188
1.3.2. Tubos .....	188
1.3.3. Subtotal cableados y tubos.....	188
1.4. Material eléctrico .....	189
1.4.1. General.....	189
1.4.2. Iluminación .....	189
1.4.3. Subtotal material eléctrico.....	189
1.5. Total instalación eléctrica .....	190
<b>Capítulo 2: Presupuesto instalación domótica .....</b>	<b>191</b>
2.1. Cableado, armarios y cajas de empotrar .....	192
2.2. Alimentación y comunicación del sistema .....	192
2.3. Actuadores.....	192
2.4. Dispositivos de mando.....	193
2.5. Sensores y alarma .....	193
2.6. Total instalación domótica.....	194
<b>Capítulo 3: Presupuesto instalación solar térmica .....</b>	<b>195</b>
3.1. Sistema de captación .....	196
3.2. Sistema de acumulación .....	196
3.3. Tuberías y aislantes .....	196
3.4. Válvulas y varios.....	196
3.5. Total instalación solar térmica .....	197

<b>Capítulo 4: Presupuesto de ingeniería .....</b>	<b>198</b>
4.1. Distribución horas de trabajo.....	199
4.2. Coste del proyecto .....	200
<b>Capítulo 5: Presupues total de la casa unifamiliar .....</b>	<b>201</b>
5.1. Presupuesto total.....	202



# **CAPÍTULO 1: PRESUPUESTO INSTALACIÓN ELÉCTRICA**

## 1.1. Instalación de enlace

### 1.1.1. Caja general de protección (CPM)

Referencia	Marca	Precio (€)	Cantidad	Total (€)	Descripción
445059	Cahors	145	1	145	CGP-9-160 BUC con bases tamaño seccionables en carga de tamaño BUC-00 160A, esquema 9.
102042	Cradly	6,2	3	18,6	Fusibles de 63A
235610	Cahors	540	1	540	CPM tipo CPM 2-D4 para suministros trifásicos de 13,85 kW, con contador trifásico multifunción.
926604	Cahors	1796	1	1796	Armario prefabricado monobloque de hormigón reforzado con fibra de vidrio con puerta metálica.
<b>Subtotal</b>				<b>2499,6</b>	

### 1.1.2. Derivación individual (DI)

Referencia	Marca	Precio (€)	Cantidad	Total (€)	Descripción
192811VM	General cable	6,22	30	186,6	Conductor unipolar 16 mm <sup>2</sup> , tipo RZ1-K (AS), 0,6/1kV aislamiento XLPE marrón
192811VN	General cable	6,22	30	186,6	Conductor unipolar 16 mm <sup>2</sup> , tipo RZ1-K (AS), 0,6/1kV aislamiento XLPE negro
192811VG	General cable	6,22	30	186,6	Conductor unipolar 16 mm <sup>2</sup> , tipo RZ1-K (AS), 0,6/1kV aislamiento XLPE gris
192811VA	General cable	6,22	30	186,6	Conductor unipolar 16 mm <sup>2</sup> , tipo RZ1-K (AS), 0,6/1kV aislamiento XLPE azul
192811VAV	General cable	6,22	30	186,6	Conductor unipolar 16 mm <sup>2</sup> , tipo RZ1-K (AS), 0,6/1kV aislamiento XLPE amarillo/verde
DRN63	Aiscan	2,2	5	11	Tubo corrugado 75 mm de diámetro.
DRN60	Aiscan	2,2	5	99	Tubo corrugado 32 mm de diámetro.
<b>Subtotal</b>				<b>999</b>	

### 1.1.3. Toma de tierra

Referencia	Marca	Precio (€)	Cantidad	Total (€)	Descripción
GSE27135	Schneider	25,78	1	25,78	Trenza de cobre de 35 mm <sup>2</sup> en bobinas de 25m.
PL 20 RU	Klk	10,94	1	10,94	Pica de 2 metros y 15 mm de diámetro
KR-1	Klk	2,15	1	2,15	Grapa para la pica
AC RP 40	Klk	26,5	1	26,5	Arqueta de registro de toma de la toma de tierra
<b>Subtotal</b>				<b>65,37</b>	

### 1.1.4. Subtotal instalación de enlace

Concepto	Precio
Caja general de protección (CGP)	2.499,6 €
Derivación individual (DI)	999 €
Toma de tierra	65,37 €
<b>Subtotal</b>	<b>3.563,97 €</b>

## 1.2. Instalación interior

### 1.2.1. Dispositivos de protección

Referencia	Marca	Precio (€)	Cantidad	Total (€)	Descripción
11979	Schneider	176,37	1	176,37	Interruptor automático magnetotérmico C60N ICP de 40 A de intensidad nominal, tetrapolar (4P), con poder de corte de 6000A.
23051	Schneider	288,25	1	288,25	Interruptor diferencial tipo AC tetrapolar de intensidad nominal 63A, sensibilidad 300mA.
4MPT 63	Cirprotec	343,14	1	343,14	Protector contra sobretensiones permanentes y transitorias, intensidad máxima transitoria de 15 kA, y poder de corte de 6000A (según UNE-EN 60898).
23043	Schneider	298,45	5	1492,25	Interruptor diferencial tipo AC tetrapolar de intensidad nominal 63 A, sensibilidad 30mA, con poder de corte de 6000A.
23042	Schneider	256,29	2	512,58	Interruptor diferencial tipo AC tetrapolar de intensidad nominal 40 A, sensibilidad 30mA, con poder de corte de 6000A.
23038	Schneider	246,54	1	246,54	Interruptor diferencial tipo AC tetrapolar de intensidad nominal 25 A, sensibilidad 30mA, con poder de corte de 6000A.
24326	Schneider	44,45	2	88,9	Interruptor automático magnetotérmico de 25 A de intensidad nominal, tipo PIA curva C, 2P, de 6000 A de poder de corte (según UNE-EN 60898).
24325	Schneider	43,64	1	43,64	Interruptor automático magnetotérmico de 20 A de intensidad nominal, tipo PIA curva C, 2P, de 6000 A de poder de corte (según UNE-EN 60898).
24324	Schneider	42,32	13	550,16	Interruptor automático magnetotérmico de 16 A de intensidad nominal, tipo PIA curva C, 2P, de 6000 A de poder de corte (según UNE-EN 60898).
24323	Schneider	41,61	5	208,05	Interruptor automático magnetotérmico de 10 A de intensidad nominal, tipo PIA curva C, 2P, de 6000 A de poder de corte (según UNE-EN 60898).
<b>Subtotal</b>				<b>3949,88</b>	

### 1.2.2. Armarios

Referencia	Marca	Precio (€)	Cantidad	Total (€)	Descripción
1SL2048A00	ABB	96,37	1	96,37	Armario empotrable de 36 módulos, con puerta opaca.
1SL0511A00	ABB	35,47	1	35,47	Armario empotrable de 12 módulos, con puerta opaca.
ICPCBE63	ABB	6,45	1	6,45	Cubrebornes precintables para ICP.
<b>Subtotal</b>				<b>138,29</b>	

### 1.2.3. Subtotal instalación interior

Concepto	Precio
Dispositivos de protección	3.949,88 €
Armarios	138,29 €
<b>Subtotal</b>	<b>4.088,17 €</b>

## 1.3. Cableado y tubos

### 1.3.1. Cableado de conductores

Referencia	Marca	Precio (€)	Cantidad	Total (€)	Descripción
H07V-K	General cable	0,84	200	168	Conductor unipolar 1,5 mm2, color marrón.
H07V-K	General cable	0,84	200	168	Conductor unipolar 1,5 mm2, color negro.
H07V-K	General cable	0,84	200	168	Conductor unipolar 1,5 mm2, color gris.
H07V-K	General cable	0,84	400	336	Conductor unipolar 1,5 mm2, color azul.
H07V-K	General cable	0,84	400	336	Conductor unipolar 1,5 mm2, color verde amarillo.
H07V-K	General cable	1,38	200	276	Conductor unipolar 2,5 mm2, color marrón.
H07V-K	General cable	1,38	200	276	Conductor unipolar 2,5 mm2, color negro.
H07V-K	General cable	1,38	200	276	Conductor unipolar 2,5 mm2, color gris.
H07V-K	General cable	1,38	400	552	Conductor unipolar 2,5 mm2, color azul.
H07V-K	General cable	1,38	400	552	Conductor unipolar 2,5 mm2, color verde amarillo.
H07V-K	General cable	2,15	60	129	Conductor unipolar 4 mm2, color marrón.
H07V-K	General cable	2,15	60	129	Conductor unipolar 4 mm2, color azul.
H07V-K	General cable	2,15	60	129	Conductor unipolar 4 mm2, color verde amarillo.
H07V-K	General cable	3,19	100	319	Conductor unipolar 6 mm2, color marrón.
H07V-K	General cable	3,19	100	319	Conductor unipolar 6 mm2, color negro.
H07V-K	General cable	3,19	200	638	Conductor unipolar 6 mm2, color azul.
H07V-K	General cable	3,19	200	638	Conductor unipolar 6 mm2, color verde amarillo.
<b>Subtotal</b>				<b>5409</b>	

### 1.3.2. Tubos

Referencia	Marca	Precio (€)	Cantidad	Total (€)	Descripción
CR16	Aiscan	0,36	200	72	Tubo corrugado para empotrar de 16 mm
CR20	Aiscan	0,39	200	78	Tubo corrugado para empotrar de 20 mm
CR25	Aiscan	0,51	100	51	Tubo corrugado para empotrar de 25 mm
DRN50	Aiscan	1,64	50	82	Tubo corrugado para enterrar de 50 mm
DRN75	Aiscan	2,2	50	110	Tubo corrugado para enterrar de 75 mm
<b>Subtotal</b>				<b>393</b>	

### 1.3.3. Subtotal cableados y tubos

Concepto	Precio
Cableados	5.409 €
Tubos	393 €
<b>Subtotal</b>	<b>5.802 €</b>

## 1.4. Material eléctrico

### 1.4.1. General

Referencia	Marca	Precio (€)	Cantidad	Total (€)	Descripción
MTN277000	Schneider	4,16	60	249,6	Toma de corriente 16A 2p+T
MTN277001	Schneider	11,26	5	56,3	Toma de corriente 25A 2p+T
MTN277010	Schneider	3,33	60	199,8	Tapas de toma de corriente 16A 2p+T
MTN277011	Schneider	3,35	5	16,75	Tapas de toma de corriente 25A 2p+T
EG63D15S	Schneider	9,54	5	47,7	Toma de corriente 2p+T estancas IP55
MTN402119	Schneider	2,88	46	132,48	Marco de 1 elemento
MTN402120	Schneider	4,61	7	32,27	Marco de 2 elemento
MTN402121	Schneider	11,52	6	69,12	Marco de 4 elemento
31710	Simon	0,26	65	16,9	Cajas universales empotrables
31745	Simon	1,5	120	180	Cajas de conexiones
31778	Simon	0,33	200	66	Regletas de conexiones
<b>Subtotal</b>				<b>1066,92</b>	

### 1.4.2. Iluminación

Referencia	Marca	Precio (€)	Cantidad	Total (€)	Descripción
Par56	Lumiplus	199	4	796	Foco led con nicho de 60 W de piscina
16903/47/16	Philips	110,95	6	665,7	Aplique estanco para exteriores de 22W fuente de luz 2GX13.
30185/11/16	Philips	75	6	450	Aplique ecomoods de interior de bajo consumo con lámparas 2G7 de 11W.
802	Promenade leda	370	14	5180	Farola de aluminio de led de 56W bajo consumo
16901/87/16	Philips	119,95	26	3118,7	Aplique ecomoods estanco para exteriores de bajo consumo con lámparas led de 7,5W.
TL5	Philips	86	42	3612	Plafón fluorescente con lámpara tipo TL5 circular/2G13 de 60 W
<b>Subtotal</b>				<b>13822,4</b>	

### 1.4.3. Subtotal material eléctrico

Concepto	Precio
Cableados	1.066,92 €
Tubos	13.822,4 €
<b>Subtotal</b>	<b>14.889,32 €</b>

## 1.5. Total instalación eléctrica

<b>Concepto</b>	<b>Precio</b>
Instalación de enlace	3.563,97 €
Instalación interior	4.088,17 €
Cableados y tubos	5.802 €
Material eléctrico	14.889,32 €
<b>Subtotal</b>	<b>28.343,46 €</b>

# **CAPÍTULO 2: PRESUPUESTO INSTALACIÓN DOMÓTICA**

## 2.1. Cableado, armarios y cajas de empotrar

Referencia	Marca	Precio (€)	Cantidad	Total (€)	Descripción
US2TR2	ABB	245	2	490	Cuadro distribución 24 módulos.
31710	Simon	0,33	65	21,45	Cajas universales empotrables
9684LH	ABB	199	5	995	Cable apantallado de bus, rollo de 100 metros
9667	ABB	71	5	355	Protector contra sobretensiones de bus
9683	ABB	1,35	100	135	Borne de conexión al bus
<b>Subtotal</b>				<b>1996,45</b>	

## 2.2. Alimentación y comunicación del sistema

Referencia	Marca	Precio (€)	Cantidad	Total (€)	Descripción
9680.8	ABB	173	1	173	Fuente de alimentación bus con filtro de 160mA
9680.1	ABB	365	2	730	Fuente de alimentación bus con filtro de 640mA
9680.3	ABB	199	2	398	Fuente de alimentación auxiliar de 12 V
9687	ABB	365	2	730	Acoplador de linea
9686-BUS	ABB	248,5	1	248,5	Interface USB
9637.2	ABB	1560	1	1560	Gateway EIB port LAN/RDSI
<b>Subtotal</b>				<b>3839,5</b>	

## 2.3. Actuadores

Referencia	Marca	Precio (€)	Cantidad	Total (€)	Descripción
9652.8	ABB	645	3	1935	Actuador de persianas 8 canales manual
9689.1 SBS7	ABB	515	2	1030	Actuador interruptor de 12 salidas de 10 A
9689.1 SBS6	ABB	425	2	850	Actuador interruptor de 8 salidas de 10 A
9653.17	ABB	867	2	1734	Actuador regulador universal 4 canales 600 VA
9653.4	ABB	160	2	320	Actuador regulador universal 500 W
9653.3	ABB	209,1	2	418,2	Unidad control regulador de 2 canales
9638 FC/S1	ABB	440	2	880	Control de fan coil
9689.1 SBS1	ABB	235	1	235	Actuador 4 salidas de 6 A
9610	ABB	610	2	1220	Terminal de zona
9612 UM1	ABB	878,34	1	878,34	Unidad meteorológica de 9 parámetros
<b>Subtotal</b>				<b>9500,54</b>	



## 2.4. Dispositivos de mando

Referencia	Marca	Precio (€)	Cantidad	Total (€)	Descripción
8190	ABB	85,06	3	255,18	Mando a distancia IR
9620	ABB	85	25	2125	Acoplador de bus
9693.2	ABB	165	10	1650	Acoplador de bus para los tritones
9632PT9	ABB	1475	1	1475	Pantalla táctil a color.
9632M1	ABB	145	1	145	Marco pantalla táctil a color
9632CE1	ABB	51	1	51	Caja de empotrar para pantalla táctil a color
9601	ABB	47	8	376	Pulsador de 1 canales
9671.03	ABB	6,36	8	50,88	Marco de pulsador de 1 canales
9602	ABB	55	10	550	Pulsador de 2 canales
9671.03	ABB	8,87	10	88,7	Marco de pulsador de 2 canales
9622	ABB	89	4	356	Pulsador de 4 canales
9674.03	ABB	28,46	4	113,84	Marco de pulsador de 4 canales
9625.2	ABB	272	2	544	Tritón de 5 canales con infrarrojos
9625.3	ABB	348	5	1740	Tritón de 5 canales con IR y termostato
<b>Subtotal</b>				<b>4015,42</b>	

## 2.5. Sensores y alarma

Referencia	Marca	Precio (€)	Cantidad	Total (€)	Descripción
9611.1	ABB	24,31	43	1045,33	Sensor magnetico
9611.4	ABB	86,18	3	258,54	Sensor cerradura
9641.3	ABB	167	16	2672	Detector de presencia de techo
9642.5	ABB	12,15	16	194,4	Base de detector de presencia de techo
9611.2	ABB	290,58	2	581,16	Detector de gas
9611.9	ABB	85	2	170	Detector de fuego
9611.8	ABB	118,2	8	945,6	Detector de agua
9612SM2	ABB	385	1	385	Sensor meteorológico
9641.2	ABB	277	4	1108	Detector de presencia exterior
9610.5AL1	ABB	975	1	975	Central de alarma L-207
9610.5AL2	ABB	485	1	485	Interface EIB-KNX para central de alarma L-207
9610.5AL3	ABB	519	1	519	Teclado para central de alarma L-207
9611SOA	ABB	507	1	507	Señalización óptica y acústica
<b>Subtotal</b>				<b>9846,03</b>	

## 2.6. Total instalación domótica

<b>Concepto</b>	<b>Precio</b>
Cableados, armarios y cajas de empotrar	1.996,45 €
Alimentación y comunicación del sistema	3.839,5 €
Actuadores	9.500,54 €
Dispositivos de mando	4.015,42 €
Sensores y alarma	9.846,03 €
<b>Subtotal</b>	<b>29.197,94 €</b>

# **CAPÍTULO 3: PRESUPUESTO INSTALACIÓN SOLAR TÉRMICA**

### 3.1. Sistema de captación

Referencia	Marca	Precio (€)	Cantidad	Total (€)	Descripción
LH26TI	LKN	571	10	5710	Captador solar térmico LH 26 Ti con superficie útil de 2,63 m²
SO 05 082	Escosol	194	10	1940	Soporte captador 2000 para captador solar termico LH 26 Ti
85654	Solarfluid	764,4	2	1528,8	Fluido caloportador, disolución de anticongelante y anticorrosivo
S0215	Ibersolar	346	2	692	Sistema de regulación
2171-1180	FAR	725	2	1450	Grupo hidráulico de impulsión directa FAR
FUN1	Vitosol	97,3	7	681,1	Funda captadores
<b>Subtotal</b>				<b>12001,9</b>	

### 3.2. Sistema de acumulación

Referencia	Marca	Precio (€)	Cantidad	Total (€)	Descripción
Vitocell 100-V	VIESMANN	894	2	1788	Acumulador de 300 litros
PWB40V	ROTORPUMP	324	2	648	Vaso de expansión 40 litros
084N1012	Danfoss	46,2	4	184,8	Sondas de temperatura
<b>Subtotal</b>				<b>2620,8</b>	

### 3.3. Tuberías y aislantes

Referencia	Marca	Precio (€)	Cantidad	Total (€)	Descripción
1013	Bastos	8,52	400	3408	Tubería de cobre de 22 mm
1012	Bastos	7,76	50	388	Tubería de cobre de 18 mm
1010	Bastos	7,04	50	352	Tubería de cobre de 16 mm
CT23106	Lisolante	1,3	400	520	Coquilla aislante para 22
CT23105	Lisolante	1,23	50	61,5	Coquilla aislante para 18
CT23104	Lisolante	0,97	50	48,5	Coquilla aislante para 16
<b>Subtotal</b>				<b>630</b>	

### 3.4. Válvulas y varios

Referencia	Marca	Precio (€)	Cantidad	Total (€)	Descripción
AA03163	Salvador	3,89	10	38,9	Válvula de corte de 1/2"
AA03164	Salvador	5,67	10	56,7	Válvula de corte de 3/4"
AA26302	Salvador	131,71	6	790,26	Válvula de 3 vías con servomotor
AA24658	Salvador	13,1	2	26,2	Purgador
im06005	Salvador	20	4	80	Termomanómetro
-	-	2,5	100	250	Varios accesorios (Codos, cambio de medida de 1/2" a 3/4")
<b>Subtotal</b>				<b>356,2</b>	

### 3.5. Total instalación solar térmica

<b>Concepto</b>	<b>Precio</b>
Sistema de captación	12.001,9 €
Sistema de acumulación	2.620,8 €
Tuberías y aislantes	630 €
Válvulas y varios	356,2 €
<b>Subtotal</b>	<b>15.608,9 €</b>

# **CAPÍTULO 4: PRESUPUESTO DE INGENIERÍA**

## 4.1. Distribución horas de trabajo

Esta es la distribución de horas de trabajo, para el conjunto de proyecto eléctrico.

El total de horas en la realización de este proyecto serán 142 horas de trabajo, a la cuales habrá que aplicar un factor de corrección según función de trabajo.

NIVEL	ASIGNACIÓN DE	PROPUESTA	PRELIMINAR	GANTT	MEMORIA	ESPECIFIC. Y NORM	DEFINICION Y CALCULOS			PLANOS INSTALACIONES:			REVISION	PREPARACIÓN	HORAS TOTALES
							ELECTRICA	CONTRATACION	VENTILACION	ELECTRICA	CONTRATACION	VENTILACION			
A	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	5
B	0	2	3	1	12	7	0	0	0	0	0	0	0	0	25
C	0	0	0	0	0	0	22	15	10	0	0	0	0	0	47
D	0	0	0	0	0	0	0	0	0	30	20	15	0	0	65
															142

## 4.2. Coste del proyecto

El coste total del proyecto será de 5304,17€ al que habrá que añadir un coste adicional por asesoría externa de 800€, con lo que el coste total del proyecto asciende a 6104,17€.

En el Proyecto no consta la instalación del mismo, ni materiales a utilizar, ni mano de obra de construcción.

NIVEL	Suma por niveles horas (h)	Coef $\delta$	Coef $\alpha$	Coef $\gamma$	Tiempo corregido	Coste unitario €/h	coste/ corregido
<b>A</b>	5	1,38	1,2	1,656	8,28	40,00 €	331,20 €
<b>B</b>	25	1,38	1,2	1,656	41,4	36,00 €	1.490,40 €
<b>C</b>	47	1,38	1,2	1,656	77,832	24,00 €	1.867,97 €
<b>D</b>	65	1,38	1,2	1,38	89,7	18,00 €	1.614,60 €
<b>COSTE TOTAL</b>							<b>5.304,17 €</b>
<b>COSTE ASESORIA EXTERNA</b>							<b>800,00 €</b>
<b>COSTE TOTAL PRESUPUESTADO</b>							<b>6.104,17 €</b>



# **CAPÍTULO 5: PRESUPUESTO TOTAL DE LA CASA UNIFAMILIAR**

## 5.1. Presupuesto total

En la siguiente tabla podemos observar el coste total de todas las instalaciones en la casa unifamiliar.

Concepto	Precio
Instalación eléctrica	28.343,46
Instalación domótica	29.197,94
Instalación solar térmica	15.608,9
Mano de obra	15.000
<b>Subtotal</b>	<b>88.150,3</b>
Pequeño material 5%	4.407,51
IVA 18%	15.867,05
Presupuesto de ingeniería	6.104,17
<b>Total</b>	<b>114.529,03</b>

EL PRESUPUESTO TOTAL PARA LA INSTALACIÓN ELÉCTRICA, DOMOTICA Y CON APOYO SOLAR TÉRMICO PARA LA CASA UNIFAMILIAR ES DE:

**CIENTO QUINCE MIL OCHOCIENTOS CINCUENTA Y UN EUROS  
CON TREINTA CÉNTIMOS**

Este presupuesto es válido a partir de la fecha de hoy, 11 de enero de 2012, hasta el día 11 de enero de 2013.

Sello y firma:

---

Empresa instaladora

---


Cliente



Escola Universitària d'Enginyeria  
Tècnica Industrial de Barcelona  
Consorci Escola Industrial de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

## **Anexos D (Bibliografías)**



# **“PROYECTO DE INSTALACIÓN ELÉCTRICA, DOMÓTICA Y CON APOYO SOLAR PARA UNA VIVIENDA UNIFAMILIAR”**

PFC presentado para optar al título de Ingeniero  
Técnico Industrial especialidad **ELECTRICIDAD**  
por **Carlos Jiménez Delgado**

Barcelona, 11 de Enero de 2012

Tutor proyecto: Serafín Iglesias Méndez  
Departamento de Ingeniería Eléctrica (D 709)  
Universidad Politécnica de Cataluña (UPC)

## **ÍNDICE ANEXO D (BIBLIOGRAFÍAS)**

Índice anexo D (Bibliografías) .....	204
<b>Capítulo 1: Bibliografías .....</b>	<b>205</b>
1.1. Bibliografías consultadas.....	206
1.2. Referencias de consultas.....	207

# **CAPÍTULO 1: BIBLIOGRAFÍAS**

A continuación se muestran las diferentes fuentes de referencia que se han consultado durante la realización del proyecto

## 1.1. Bibliografías consultadas

- Reglamento electrotécnico de baja tensión 2002 (REBT 2002).
- Normas técnicas particulares para líneas subterráneas de baja tensión de Fecsa Endesa (NTP-LSBT).
- Normas técnicas particulares para instalaciones de enlace de baja tensión de Fecsa Endesa (NTP-IEBT).
- Domótica y hogar digital. Editorial Thomson paraninfo. Edición 2002. Stefan Junestrad, Xavier Passaret, Daniel Vázquez.
- Manual de instalaciones eléctricas. Editorial Limusa Noriega editores. Edición 2005.
- Atlas de radiación solar en Cataluña.
- Código Técnico de la Edificación (CTE).
- Cuaderno práctico para instaladores editado por el Instituto Catalán de Energía (ICAEN).
- Los grados día de calefacción y refrigeración de Cataluña editado por el Instituto Catalán de Energía (ICAEN).

## 1.2. Referencias de consultas

[www.abb.es](http://www.abb.es)

[www.philips.es](http://www.philips.es)

[www.construmatica.com](http://www.construmatica.com)

[www.simon.es](http://www.simon.es)

[www.endesa.es](http://www.endesa.es)

[www.casadomo.com](http://www.casadomo.com)

[www.schneider.es](http://www.schneider.es)

[www.domotica.net](http://www.domotica.net)

[www.domoticaviva.com](http://www.domoticaviva.com)

[www.konnez.org/es](http://www.konnez.org/es)

[www.ffii.es](http://www.ffii.es)

[www.sant-adria.net](http://www.sant-adria.net)

[www.voltium.es](http://www.voltium.es)

[www.prevention-world.com](http://www.prevention-world.com)